L. U. TECHNIKOS FAKULTETAS

Docentas J. Šliogeris

ELEKTROTECHNIKOS PASKAITOS

STUDENTŲ TECHNIKŲ DRAUGIJOS LEIDINYS

1925.

VALST. SP. KAUNAS.

P R A K A L B A

Patiekdamas Universiteto studentams elektrotechnikos kursą, autorius nelaiko reikalingu rašyti čionai apie nuolatinės srovės pagrindinius dėsnius, nors pirmose paskaitose Ohmo, Kirchhoffo ir Joule'o dėsniai būna trumpai primenami ir aiškinami. Taip pat patiektame kurse bemaž nieko neminima apie matavimo aparatus, nors jų konstrukcija ir typai taipogi būna aiškinami kurso pradžioje. Autorius skaito, jog studentai darbuodamiesi laboratorijoje gali ganėtinai susipažinti su aparatais, o pagrindiniai dėsniai nuolatinės srovės yra jiems žinomi jau iš bendro fizikos kurso.

Autorius neskaito reikalingu nurodinėti visų šaltinių, kuriais jis naudojosi, rašydamas šią knygą; jų būtų itin daug. Tačiau yra pažymėtina, kad nė vienas iš jų nepadarė į autorių tokios didelės įtakos, kaip profesorio Aukštosios Technikos Mokyklos Karlsruhe Dr. Adolfo Thomaeleno „Elektrotechnikos kursas". Ypatingai patraukia autorių profesorio Thomaeleno knygos teoretinė dalis. Todel autorius, rašydamas teoretinę kurso dalį, bemaž išimtinai į visus apsireiškimus žiūri prof. Thomaeleno akimis. Taigi autorius išreiškia prof. dr. A. Thomaelenui ypatingą pagarbą ir padėką už tokį aiškų trumpoje formoje fizinių elektrotechnikos pagrindų išdėstymą, kokio negalima surasti

išstudijavus net ilgiausius tomus ta pačia tema parašytus. Autorius negali nepadėkoti ir prof. J. Germannui už trumpo ir aiškaus dėstymo pamoką, kaip tas laidiniuose Bibliotekos Gešen jo yra padaryta.

Docentas Inž. J. Šliogeris
Lietuvos Universiteto Elektrotechnikos
Katedros Vedėjas.

T U R I N Y S.

III. Elektrinis laukas.

IV. Kintamosios srovės grandinė.

Tolimesnio kurso programa.

PASTEBĖTŲ KLAIDŲ ATITAISYMAS.

Pusl.	Eilė	Atspausdinta	Turi būti
3	9 iš virš	λ=0,0000075mm λ=0,000004 mm	λ·= 0,000750 mm; λ = 0,000400 mm.
57	–	–	Prie formulų 13
58	–	–	ir 14-os praleista pastaba: Išrodymą formulų 13 ir 14-os žiurėk L. U. Techn.Fak.studentų laidiny užvardytame „Bendrosios Elektrotechnikos kurso dalis skaityta privat docento inž.Šliogerio I pusmetyje 1922-23 m.L.U.Tech. Fak.5-to sem.studentams".
115	6 iš virš	$J^2RT=\int_0^T i^2 R dT$	$J^2RT=\int_0^T i^2 R dt$
115	7 „ „	$J=\sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2 R dT}$	$J=\sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2 dt}$
119	2 „ „	nes mainosi	nes α mainosi
151	21 „	apsukos vijokliais	apsukos vijais
171	5 iš ap.	p = S±a	py = Sta.
224	5 iš ap.	Stabdžiu	Konduktoriams plotmų.

A P Ž V A L G A.

Šiandien elektros jėga pritaikinama beveik visose kulturingo žmogaus gyvenimo srytyse. Nors elektros jėga taip plačiai vartojama tačiau, kas tai yra elektra, mes nežinome. Žinome tiktai, kad elektra yra vienas energijos apsireiškimo būdų. Tačiau mums nežinoma, kas yra energija. Ją žinome tiktai apsireiškimuose. Ji apsireiškia tai tokiu, tai kitokiu būdu. Galima tvirtinti, kad energija apsireiškia išimtinai judėsiais. Tie judėsiai būna ivairūs. Tą, ką mes vadiname šviesa, šilima, elektra, cheminiu reiškiniu, vis tai yra judėsiai, panašūs tiems judėsiams, kuriuos mes matome turinčiuose svorį kūnuose. Vis tai energijos apsireiškimai.

Galima tvirtinti, jog psichiškos jėgos ir tūkstančiai kitų mums dar nežinomų yra vibracijos to paties pradmens, reiškiniai tos pačios energijos.

Taip plačiai į energijos apsireiškimus mes galime žiūrėti dėka kelių šimtmečių įvairių mokslininkų triūsui, o labiausiai dėka darbams anglų fiziko Maxwellio. Maxwellis, tyrinėdamas šviesos apsireiškimų esmę, priėjo prie išvados, jog šviesa yra atskiras bendro elektro-magnetinių jėgų apsireiškimo atvėjis. Tą savo mokslą jis 1867 metais apgarsino, pavadinęs jį „Elektro-magnetine šviesos teorija".

Sulig Maxwelliu, visos šviesos bangų rūšys

yra tam tikros etero vibracijos, kurios susidaro iš priežasties atatinkamų etero sujudinimų. Todel reikėjo tyrimu parodyti, kad iš priežasties elektro-magnetinių jėgų veikimo įvyksta etere spinduliai, panašūs į šviesos spindulius. Tą uždavinį atliko 1887 metais prof. Hertzas.

Jis sudarė labai didelio dažnumo kintamąją srovę. Keičiantis laidininke srovės jėgos dydžiui, aplink laidininką taip pat keičiasi magnetinis laukas. Tas laukas sujudino esantį aplink laidininką ramų eterą, suteikdamas jam tolygius niuksus. Rezultate apie laidininką Hertzas gavo spindulius, panašius į šviesos spindulius. Jų plėtimosi greitumas lygus šviesos plėtimosi greitumui apie 300.000 km/sek. Hertzo spinduliai skiriasi nuo šviesos spindulių tuo, kad jie nematomi, lengvai perveria nevaiskius daiktus ir turi daug didesnį bangos ilgį. Tie spinduliai neša su savim elektromagnetinę energiją.

Maxwellio ir Hertzo darbai davė galų gale fizikams galimybės apibendrinti pažiūra į spindulinę energiją. Dabar skaitoma, jog Hertzo spinduliai, infra-raudoni spinduliai, įvairūs spektro šviesos spinduliai, ultravioletiniai spinduliai ir Rentgeno spinduliai yra etero vibracijos, kurios viena nuo kitos skiriasi tiktai ~~tankumu~~ dažnumu bei bangos ilgiu.

Kaip žinoma, kiekvienas bangų pavidalo judėsys gali būti išreikštas formula:

$$\lambda = cT$$

kur λ yra bangos ilgis, c plėtimosi greitumas ir T vieno periodo laikas.

Prie pastovaus c bangos ilgis λ yra juo didesnis, juo ilgesnis vieno periodo laikas. Hertzo spinduliai sudaromi etero bangomis ilgumo nuo kelių milimetrų iki kelių kilometrų. Todel ir vieno periodo vibracijos laikas Hertzo spindulio sulyginamai didelis. Šiluminiai, šviesos ir ultravioletiniai spinduliai turi labai mažą bangos ilgį (raudonų spindulių λ = =0,0000075 mm, o violetinių λ =0,000004 mm), todel jų vieno periodo vibracijos laikas labai mažas. Trumpiausią bangos ilgį turi Rentgeno spinduliai, o ilgiausią Hertzo spinduliai; paskutiniuosius dabar vartoja radiotelegrafijoje.

Sukdami mechaninės jėgos pagalba laidininką magnetiniame lauke, mes deformuojame aplink laidininką esantį eterą ir todel mechaninė laidininko sukimo energija persikeičia į elektrinę, kuri ir apsireiškia laidininke elektros srovės pavidale. Išrišimai klausimų, kaip toji srovė sukamame laidininke atsiranda, kokius įtaisymus vartojama tai srovei pagaminti ir kokiais dėsniais toji srovė veikia, sudaro šios knygos uždavinį. Tą nurodysime paskiau. Dabar pažiūrėsime, ką žinojo apie elektros energiją mūsų protėviai ir kokį pritaikinimą žmogaus gyvenime turėjo elektrinė ir magnetinė jėgos?

Pirmos žinios elektros ir magnetizmo srityje atsiranda 600 metais prieš Kristų. Tales pastebėjo, jog gintaras, trinamas, pritraukia kitų kūnų daleles. Graikai vadina gintarą elektronu, nuo ko elektra gavo savo vardą. Tales taipogi duoda pirmas žinias apie magnetą. Jis sako, jog tūlas piemuo radęs netoli Magnezojos miesto akmenį, kuris prilipo prie geležinio jo lazdos galo. Graikai pavadino tą ak-

menį magnetu.

Yra davinių, jog kompasas buvo žinomas dar aigiptiečiams, tačiau galima tvirtinti, kad jis ekzistuoja nuo mūsų eros pradžios.

Niurnbergo laikrodininkai naudojasi kompasu, kad nustačius šiaurės ir pietų kryptį. 1451 metais jų pastebėta rodyklio atsilenkimas sausumoje, o jūroje šis apsireiškimas nustatytas Kolumbo 1492 metais laike pirmos jo kelionės Amerikon.

Iki 17-to šimtmečio, išskyrus viršnurodytą pritaikinimą magneto rodyklio, nei apie magnetizmą, nei apie elektrą žmonija beveik nieko nežinojo. Graikai ir romenai laikė elektros jėgą dievų galybe. Tačiau ir jie žinojo, jog nuo perkūno galima triobas apsaugoti, prisodinus aplink medžių. Kolumlejus I amžiuje rašo: „Torchonas, kad apsaugojus namus nuo Didžiojo Jupiterio žaibo, apsodino juos baltomis vynuogėmis". Plinijus tatai peikia: pataria sodinti laurų medžius. Karolio Didžiojo kareiviai, kad apsisaugojus nuo perkūno, smeigdavo į žemę ietis. Popiežius Silvestras II X-ame amžiuje įsako savo kariuomenei smeigti ilgas kartis su geležinėmis galūnėmis. Tai viskas, kas buvo žinoma žmonijai magnetizmo ir elektros srytyse iki 17-to amžiaus pradžiai.

1600 metais anglas Vilijamas Zalberis skelbia, jog žemė yra magnetas. Jis pirmas paduoda mintį apie taip vadinamas jėgų linijas ir gali būti skaitomas Faradėjaus ir Maxwellio pirmtakūnu.

Pirmą mašiną elektrai gaminti padarė Magdeburgo burmistras Otto de Gerike 1650 metais. Ją sudarė sieros rutulis, kurį galima sukti apie

horizontalę ašį. Elektra iš to rutulio buvo gaunama rankų delnais trinant į sukamąjį sieros rutulį. Ant savo mašinos Otto de Gerike nustato, jog esą ne tik elektrinės jėgos pritraukimo, bet ir atstumimo.

Tokio tipo elektros mašina laikosi apie 100 metų. 1740 metais Viurtembergo prof. Boz pakeičia Otto de Gerike mašinoje sieros rutulį stikliniu ir įveda prietaisą, kuriuo galima surinkti elektra didesniame kiekyje. Tas prietaisas yra skardinis cilinderis, prikabintas ant šilkinių siūlų ir sujungtas metaline grandinėle su stikliniu rutuliu. Toje mašinoje elektra taipogi gaminama trinant rankomis stiklinį rutulį. Piešinys 1 vaizduoja Otto de Gerike mašiną su prof. Bozo patobulinimais.

Aštuonioliktas amžius elektros srytyje charakterizuojas dideliu susidomėjimu atmosferos elektra, būtent, anų laikų fizikus labai interesuoja klausimas, ar atmosferos elektra nebus toji pati jėga, kuri gaunama elektrinių mašinų pagalba? Tuo laiku mašina Otto de Gerike - Bozo tampa žymiai patobulinta. Rutulį pamaino skrituliu, įveda šukas ir sudaro mašiną tokio tipo, kurio mes dabar matome fizikos kabinetuose.

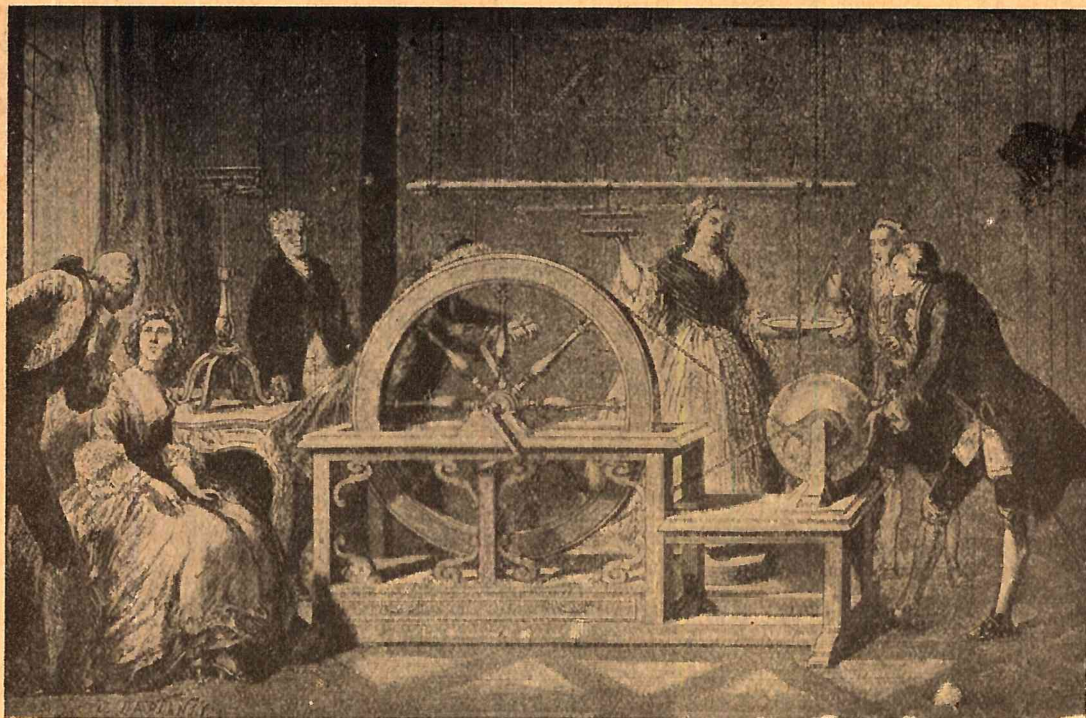
Iš tų mašinų gaunamos sulyginamai didelės kibirkstys, panašios į žaibą, bet niekas dar nežino, ar tas žaibas toks pat, kaip atmosferos žaibas. Tyrinėjimai su tokiomis mašinomis priveda amerikietį Frankliną prie manymo, kad jėga, gaunama mašinomis, yra ta pati jėga, kuri apsireiškia atmosferoje. Jis nustato, kad laidininkai, nors jie būtų ir izoliuoti nuo žemes, bet, jei jiems suteikti aštrumas, jie

greitai nustoja elektros ypatybių. Jis pataria statyti metalinius stiebus, kad išgautų elektrą iš atmosferos, bet tyrimu pats to nepadarė.

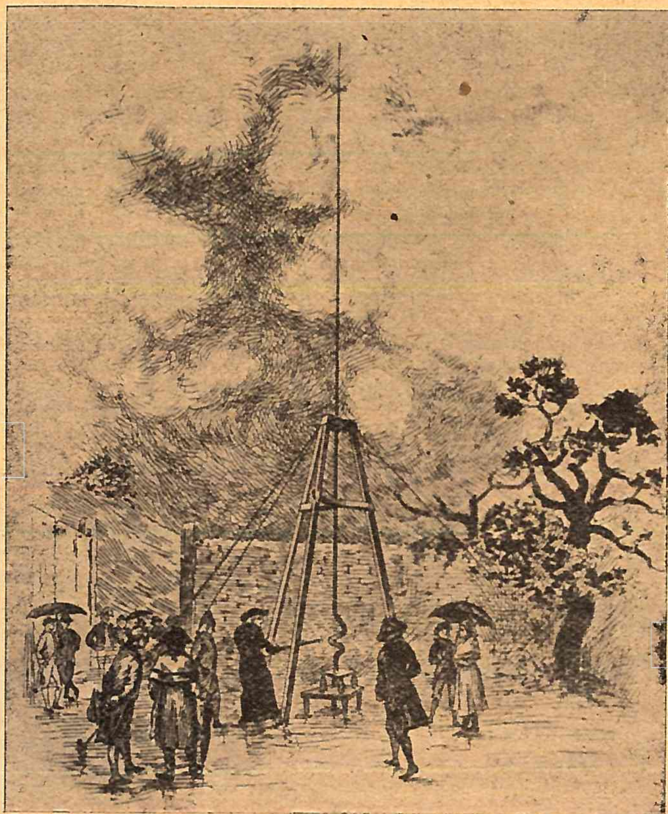
Elektros iš atmosferos gavimo garbė teko kunigui Dalibarui. Jis 10/V 1752 m. pastatė izoliuotą geležinį stiebą ir pirmos audros metu iš to stiebo išgavo kibirkštis tokias pat, kaip ir iš elektros mašinos (pieš.2). Tais pačiais metais 20/XI Franklinas gavo elektrą iš atmosferos lakdynės pagalba (pieš.3).

Panašiais į Delibaro bandymais užsiimdavo visų kraštų fizikai. Buvo net nelaimingų atsitikimų (su akademiku Richmanu Petrapilyje 1753 m.). Tačiau iš tų bandymų praktišką išvadą padarė tiktai Franklinas. 1760 m. pasiremdamas bandymais, jis pastato perkūnsargį Filadelfijoje ant Džono Vesto namų. Laike pirmos audros į tą perkūnsargį trenkė perkūnas, tačiau nepadarė žalos namams. Nuo to laiko pradėta statyti perkūnsargiai. Iki 1776 metų visoj Europoj statomi perkūnsargiai, išskyrus Franciją, kuri pirma pradėjo daryti bandymus, tačiau perkūnsargius pradeda statyti vos nuo 1783 metų ir tai su skandalu. Įsiutusi minia pirmą pastatytą perkūnsargį suardė. Iš tos priežasties net įvyko teisme byla, kuri tuo įdomi, jog joje dalyvavo, dar tuomet nežymus, advokatas Robespieras. Netrukus patiko ir francūzams perkūnsargiai, jie juos net prisitaisydavo prie skrybelių.

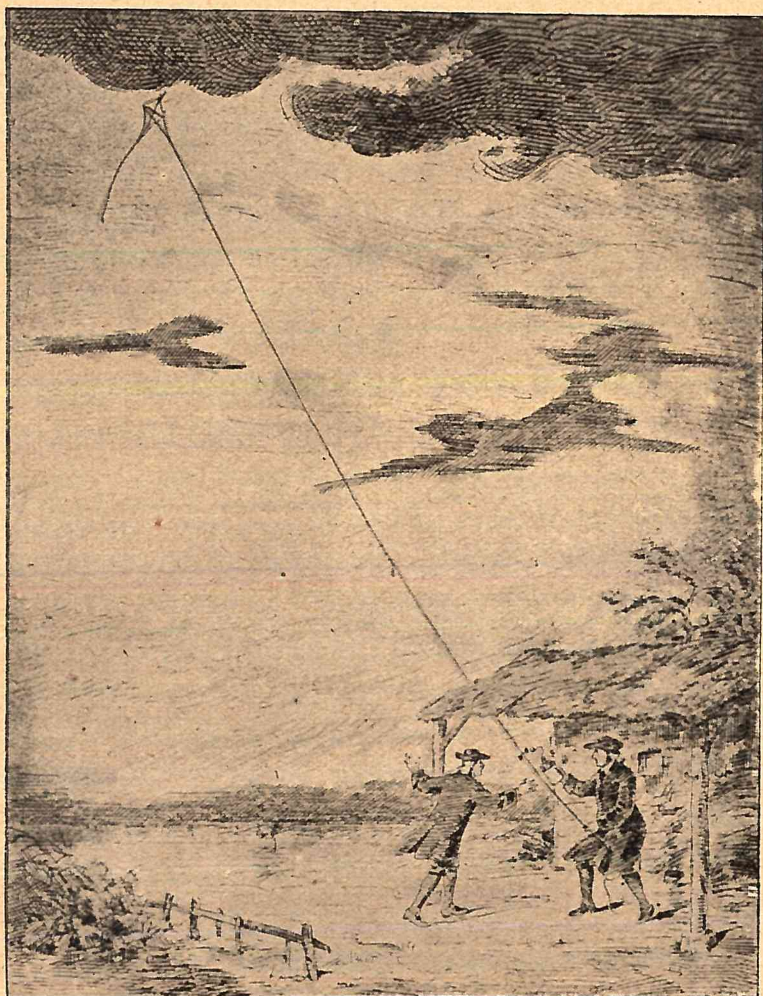
Mes matome, jog 18-me amžiuje sužinota, kad mašinų ir atmosferos elektra yra ta pati jėga, jos veikia tomis pačiomis taisyklėmis. Bet niekas nemėgino išmatuoti tų jėgų ir su-



Pieš. Nr. 1.
Otto de Gerike mašina su profesoriaus Boz'o patobulinimais.



Pieš. Nr. 2.
Kun. Dalibar'o bandymas.



Pieš. Nr. 3.
Franklino bandymas.

lyginti jų veikimą su kokia nors žinoma jėga. Tą atliko irgi 18-me amžiuje fizikas Coulombas. Jis 1785 m. išleido savo veikalą apie išmatavimą elektros ir magnetinių jėgų vielos susisiekimo pagalba. Taip vadinamomis Coulombo susisukimo svarstyklėmis jis parodė, kad pritraukimo ir atstumimo jėgos tarp elektrizuotų kūnų veikia tiesiai proporcingai krovinių sandaugai ir atvirkščiai proporcingai atstumų kvadratui. Savo sukimosi svarstyklėmis Coulombas padėjo pamatą visiems įrankiams, kuriuos mes vartojame tų jėgų matavimui. Coulombą galima pavadinti pirmu mokslininku elektros srytyje.

18-to amžiaus gale, dėka Bulonijos Universiteto anatomijos prof. Galvani tyrinėjimams, mokslas apie elektrą įeina į kitas vėžias. Ištiko tatai atsitiktinai. Galvani tyrinėjo nervišką varlių jautrumą. Tame pačiame kambary, kur prof. Galvani užsiėmė su studentais varlių preparavimu, profesoriaus draugas drauge su Galvanio žmona darė bandymus su elektros mašina. Atsitiktinai preparuota varlė buvo padėta ant elektros mašinos stalo. Ponia Galvani pastebėjo, kad kiekvieną kartą, kai mašina duoda kibirkstis, krusteléja varlės kojos, jei jas paliesti geležiniu pincetu. Tas, iš pažiūros nieko nereiškiantis pastebėjimas, nuvedė mokslą apie elektrą kitu keliu. Kaip žinome Galvani pradėjo tyrinėti elektros pagalba varlių nerviškumą. Tie jo tyrinėjimai privedė jį prie tam tikros jo teorijos apie specialę gyvių elektrą. Tarp prof. Galvani ir fiziko Volta kilo ginčas. Volta tvirtino, jog jokio elektrinio fluido varlėse nėra ir būti nega-

li. Varlių krutėjimą jis aiškino elektra, susidarančia prisilietėjimu 2-jų metalų. Savo teorijos patikrinimui jis gruodžio mėn. 1799 m. sustatė stiebą iš cinko ir vario skritulių, perskirtų gelumbiniais skrituliukais, sušlapintais parūkštintame vandeny. Toks stiebas davė galimybę pagaminti sulyginamai didelį elektros kiekį, tačiau taip, kad toji elektra išsikrauna ne momentaliai, o gali būti gaunama sulyginamai ilgą laiką elektros srovės pavidale, jei kraštutiniai skrituliukai sujungti viela.

Negalima nepažymėti, kad dar prieš pastačius Voltai savo stiebą, Florencijos chemikas Fabroni atkreipė domės į tai, jog Galvanio bandymuose elektros atsiradimo priežastis glūdi cheminiuose reiškiniuose, o ne fluide ir ne metalų prisilietėjime. Tačiau į jo nuomonę niekas neatkreipė domės. Visi buvo pasidalinę į dvi grupes: vieni už Galvanį, kiti už Voltą.

Praėjus kiek laiko po Voltos stiebo pastatymo fizikams paaiškėjo, jog Voltos stiebe elektros atsiradimo priežastis - cheminė reakcija. Todel elektrą pradeda gaminti taip vadinamais galvaniniais elementais.

Tokiu būdu gaminama elektra vadinasi galvaninė elektros srovė. Elektros srovę reikia sau įsivaizdinti panašia į vandens bėgimą vamzdyje. Kaip vandens bėgimo vamzdyje priežastis-skirtumas vandens paviršių induose, kuriuos jungia vamzdys, taip ir elektros srovės atsiraimo priežastis vieloje, jungiančioje du baterejos poliu yra skirtumas potencialų tarp tų polių.

Iki 1820 m. buvo ištirti šiluminiai ir da-

linai cheminiai elektros srovės veikimai.

Pradžią elektrolizui ir galvanoplastikai padėjo anglas Kavendiš, suskirstęs vandenį į vandenilį ir deguonį.

1820 m. Kopenhagos prof. Erstedtas patėmijo, kad srovė veikia į magneto rodyklį. Francūzų fizikas Amperas detaliai ištyrė tą veikimą ir davė tam tikrą desnį vadinama ampero plaukimo dėsnį.

Amperas dar nurodė, jog dydis jėgos, kuria srovės vyjis veikia į magneto rodyklį, priklauso ne tik nuo tuo viju einančios srovės dydžio, bet ir nuo apsiaučiančių magneto rodyklį vijų kiekio.

Kitas francūzų fizikas, Arago, surado kad laidininkas su srove turi magneto ypatybes. Tos magnetinės ypatybės aiškiai apsireiškia, jei leisti elektros srovę viela, suvyniota į špulią, kurioje padaryta daug vijų. Idėjus į tos špulios vidurį, išilgai špulios ašies geležį, geležis pasidaro magnetu.

Truputį pirmiau Arago išradimo t v 1826 m. vokiečių fizikas Ohmas duoda taip vadinamą Ohmo desnį elektros srovės grandinei. Po Arago išradimo apgarsinimo kai kuriems fizikams atėjo galvon, jog elektros srovę galima sudaryti magnetu. Taip galvodamas, Ženevos fizikas Kolladon pamėgino įstatyti magnetą i trumpai sujungtą per galvanometrą špulią tačiau jokios srovės galvanometro grandinėje nepastebėjo. Baisiai nustebo Kolladonas sužinojęs, jog Faradey tokiame pat bandyme gavo špulios grandinėje srovę. Tatai atsitiko 1831 metais. Faradayus ne tik bandymu gavo srovę, bet ir davė jo vardu vadinamą indukcijos dėsnį. Sulig Faradayaus,

sujungtame laidininke atsiranda įtempimas, jei indukcijos srautas, kuris perkerta vijo plokštumą, mainosi; dydis to itempimo proporcingas keitimosi greitumui to indukcijos srauto ir špulios vijų kiekiui.

Kolladonas negalėjo užtemyti srovės galvanometro grandinėje, nes špulia ir galvanometras jo tyrime buvo įvairiuose kambariuose.

Remiantis Faradayaus indukcijos dėsniu, greitu laiku po to dėsnio paskelbimo buvo išrasta dinamomašina, o paskiau transformatoriai ir telefonas.

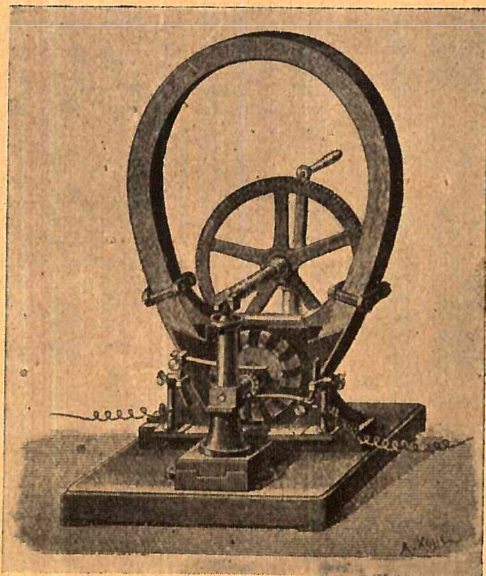
Pirmutinė dinamomašina Faradayaus indukcijos dėsnio principu buvo padaryta 1832 metais mechaniko Piksija. (Pieš.4). Toji mašina susideda iš dviejų ramiai stovinčių špulių ir sukamų prieš jas nuolatinių magnetų.

Klarkas įveda sekantį Piksijos dinamomašinos pagerinimą: (pieš.5). Jis suka špulias prieš ramiai stovinčius magnetus. Rezultate gaunamas tas pat, kaip ir Piksijos mašinoje, bet Klarko mašinos sukimui reikalinga daug mažesnė jėga.

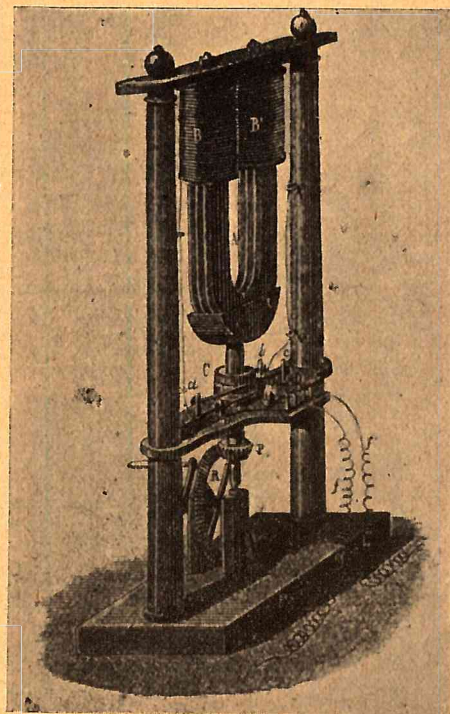
Sekantieji po Klarko išradėjai eina jo pėdomis, būtent: magnetiniame lauke suka špulias. Indukcijos padidinimui į špulios vidurį įvedama geležinį širdesą. Pirmą mašiną su geležiniu špulios viduje širdesu įveda Siemensas 1854 metais. Savo špulią, taip vadinamą *„Doppel - T - Ankerį"* Siemensas stato tarp polių galūnių pasagos tipo magnetų.

1860 metais Pacinotti išranda žiedo apsuką, o 1872 metais Hefner Alterekas būbninę apsuką.

Elektrovarykliai buvo išrasti atsitiktinai. 1872 metais mechanikas Tonet laike parodos Vie-



Pieš. Nr. 5.
Mašina susukamomis špulėmis magnetiniame lauke.



Pieš. Nr. 4.
Mechaniko Piksija mašina.

noje netyčiomis sujungė stovinčią dinamomašiną su elektros srovės grandine. Dinamomašina pradėjo suktis. Nuo to laiko visiems pasidarė aišku, kad ne tiktai sukant dinamomašiną galima gauti elektros srovę, bet ir atvirkščiai, praleidus per mašiną elektros srovę, mašina gali atlikti mechaninį darbą.

Pirmutinis tramvajus pasirodo laike parodos Berlyne 1879 metais, o Paryžiuje 1881 metais.

Telefono išradėjais galima skaityti amerikiečius Greję ir Bellį. 1876 m. vasario 24 d. abudu jie atvyko į Vašingtono patentų biurą. Antrą valandą Bellis gavo patentą, o Grejus ketvirtą valandą gavo liūdymą apgynimui savo teisių iki tam laikui, kol jis nepatobulins savo aparato. Kadangi Bellis dviem valandom anksčiau išgavo liūdymą, tai Vašingtono tribunolas priteisė jam pilną patentą.

Kaip grūde yra viskas, kas reikalinga augalo augimui, taip Maxwellio ir Hertzo darbuose yra viskas, kas reikalinga radiotelegrafijai. Tačiau praėjo su viršum dvidešimt metų nuo Hertzo darbų paskelbimo iki radiotelegrafo praktikon įvedimo. Radiotelegrafo išradėju reikia skaityti Markoni, nors žymiai dar pirm jo Popovas darė bandymus ir gavo teigiamus rezultatus. Apie Popovo darbus štai ką rašo vienas iš francūzų istorikų: „Anais laikais (1895 m.), kuomet dar niekas negalėjo padaryti jokio pasiūlymo apie bevielį telegrafą, buvo kas tai, kuris elektros pagalba be vielų telegrafavo iš tolo. Tas kas tai buvo žaibas, kuris telegrafavo Popovui „aš čia" ir davė jam tikslius davinius savo kelio".

APSOLIUTINIAI ARBA CGS SISTEMOS IR VARTOJAMIEJI PRAKTIKOJE VIENETAI.

1. *Ilgis* (l), plotas (l^2), turis (l^3). Apsoliutiniu vienetu ilgio skaitomas centimetras (cm) lygus vienai šimtdaliai normalio etalono, laikomo Paryžiuje. Prie temperatūros 0° C 10^9 cm sudaro ilgį, lygų vienai ketvirtadaliai žemės tutulio meridiano. Kaipo ilgio vienetas praktikoje vartojamas arba milimetras (mm), arba metras (m), arba kilometras (km).

2. *Masė* (m). Apsoliutiniu masės vienetu priimtas gramas (g), kuris lygus vienai tūkstantinei daliai etalono, laikomo Paryžiuje. Gramas yra masė 1 cm^3 vandens prie 4° C ir 760 mm. gyvojo sidabro stiebo atmosferos spaudimo. Praktikoje vietoje gramo dažnai vartojamas kilogramas arba tona. 1 kg.= 1000 g. 1 t.= 1000 kg.

3. *Laikas* (t). Apsoliutiniu laiko vienetu skaitoma sekunda (s), t.y. 86.400 dalis paros. Praktikoje sekundos vietoje dažnai vartojama minutė m) arba valanda (h).

4. *Greitumas* ($v = l.t^{-1}$). Greitumu vadinasi ilgis kelio, kuri perbėga tolygiai judantis kūnas laiko vieneto laikotarpy, todel:

$$v = \frac{\text{ilgis}}{\text{laikas}} = \frac{l}{t} = l.t^{-1}$$

Kūnas, kuris 1 sekundos laikotarpy perbėga ilgį kelio lygų 1 cm, juda greitumu, lygiu apsoliutiniam greitumo vienetui. Sakoma, kad toks

kūnas juda greitumu „centimetrais per sekundą", o rašoma cm/s arba $cm.s^{-1}$. Praktikoje dažnai vartojama metras per sekundą (m/sek) ir kilometras per valandą (km/h).

5. *Pagreitinimas* ($p = lt^{-2}$). Pagreitinimu vadinasi greitumo priaugimas vienos sekundos laikotarpyje. Apsoliutinį pagreitinimo vienetą turi toks kūnas, kuris sekundai praslinkus nuo judėsio pradžios turi greitumą 1 cm/sek. Pagreitinimas matuojamas centimetrais per sekundą^2 = cm/s^2.

6. *Mechaninė jėga* ($P = l.mt^{-2}$). Jėga lygi sandaugai kūno masės ir jo pagreitinimo. Apsoliutinis jėgos vienetas arba dyna yra jėga kuri masei 1 g. suteikia pagreitinimą 1 cm/s^2 arba ramiai stovinčiai masei 1 g. suteikia laikotarpyje 1 sekundos greitumą cm/s.

Kiekvienam liuosai krintančiam kūnui svorio jėga suteikia pagreitinimą 981 cm/s^2. Reiškia, kiekvieną masės gramą žemė traukia savo centro kryptimi jėga 981 dynų. Jei 1 kg. masės mes pakabinsime ant kabliuko, tai tas kabliukas bus ištempiamas jėga 981000 dynų. Tokiame atsitikime sakoma „kabliukas ištempiamas vieno kg. jėga". Tame sakinyje suprantama svorio jėga (ne masė), kuria vieną kilogramą masės žemė traukia žemės rutulio centro kryptimi. Svorio jėga kilogramas vartojamas ne kaipo masės vienetas, bet kaipo technikinis jėgos vienetas, ir jis ženklinamas kg^x; todel 1 kg^x = = 981000 dynų; 1 g^x = 981 dynai.

Be kilogramo, kaipo jėgos vienetas, praktikoje dar vartojamas vadinamas Joule/cm, kuris lygus 10^7 dynų.

7. *Darbas, energija* ($A = l^2mt^{-2}$). Mechani-

nės jėgos darbu vadinasi sandauga jėgos ir ilgio kelio, kurį perbėgo kūnas jėgos veikimo kryptimi. Apsoliutinis darbo vienetas, *Ergas*, atliekamas tuomet, kai jėga viena dyna perkelia kūną ant ilgio kelio 1 cm. Jei $\mathcal{P}$ yra jėga, išreiksta dynomis ir l kelio ilgis centimetrais, tai darbas bus:

$$\mathcal{A} = \mathcal{P}.l \text{ Ergų.}$$

Pavyzdžiui, jei 1 kilogramo svorį pakeltumėm ant aukštumo 1 metro, tai būtų atliktas darbas:

$$\mathcal{A} = 981000.100 = 9{,}81.10^7 \text{ Ergų, nes čia}$$

$$\mathcal{P} = 981000 \text{ dynu ir } l = 100 \text{ cm.}$$

10^7 Ergu priimta vadinti 1 Joule'ius(Dzoulius).

Iš viršišdėstyto seka:

$$1 \text{ m.kg} = 9{,}81.10^7 \text{Ergų} = 9{,}81 \text{ Joule.}$$

Jouleius vartojamas kaipo praktiškas energijos vienetas. Kitus praktikoje vartojamus darbo vienetus nurodysime paskiau.

8. *Galia arba galingumas* ($\mathcal{A}_s = l^2.m.t^{-3}$). Padalinę darbą iš laiko ilgio, kurio laikotarpy tas darbas buvo atliktas, gausime galingumą arba darbą laiko vieneto laikotarpyje. Apsoliutini galingumo vienetą sudaro darbas, lygus 1 Ergui 1 sekundos laikotarpyje.

Praktikoje kaipo galios vienetas priimtas darbas 10^7 Ergų laike 1 sekundos; jis lygus 1 Joule/sek. ir vadinasi 1 Wattu. Tokiu būdu, kuomet darbas $\mathcal{A}$ išreikštas Jouleiais, o laikas t sekundomis, tai galia $\mathcal{A}_s$ išsireiškia Watais:

$$A_s = \frac{A}{t} \text{ Wattų.}$$

Kadangi 1 mkg = 9,81 Joule, tai:

1 mkg/sek = 9,81 Joule/sek = 9,81 Wattų.

Dideliam galingumui esant, vietoje 1 Watto vartojamas 1 Hektowattas = 100 Wattų arba 1 Kilowattas = 1000 Wattų.

Mechaninę galią praktikoje dažnai išreiskia arklio jėgomis PS, arba kilogramometrais į sekundą. Su elektriniais vienetais mechaniniai vienetai surišti sekančiai:

1 PSs=75 mkg/sek=736 Wattams =0,736 KW

1 mkg/sek =9,81 Wattu; 1 KW = 1,36 PS.

Vartojamieji praktikoje darbo vienetai.

Kaip jau buvo nurodyta elektrotechnikoje galingumas matuojamas Wattais, o darbas Jouleiais. Prie to 1 Wattas yra darbas 1 Jouleio per sekundą: 1 W = 1J/s, reiškia 1J = 1 W/s. Dideli energijos kiekiai matuojami Wattvalandomis, Hektowattvalandomis ir Kilowattvalandomis (KWh).

1 Wattvalanda = 3600 Wattsekundu=3600 Jouleiu

1 Hektowattvalanda = 100 Wattvalandu.

1 (KWh) Kilowattvalanda = 1000 Wattvalandu.

Mechanikoje priimta darbą matuoti arklio jėgomis/sekundomis ir arklio jėgomis/valandomis PSh, turint omenyje, kad darbas = galingumas × × laiko.

Taipogi mechanikoje darbas matuojamas kilogramometrais, turint omenyje, kad darbas = = mechaninei jegai × ilgio kelio. Viena arklio jėga per sekundą I PS_s= 75 kilogramometrams, reiškia I PS = 75 mkg per sekundą.

Su elektriniais vienetais mechaniniai darbo vienetai surišti sekančiai:

I kg/m = 9,81 Joule arba 1J =0,102 kgm.

I Wattvalanda = 367 kgm.

I KWh = 367000 kgm = 1,36 PSh.

Šiluminiai vienetai.

Šiluma matuojama kalorijomis: mažomis-gramokalorijomis (gcal) ir didelėmis-kilogramokalorijomis (Kcal). Kalorija vadinasi šilumos kiekis, kurį reikalinga suteikti vienam vandens gramui arba kilogramui jos temperatūrai pakelti ant I°C.

Su elektriniais ir mechaniniais vienetais šiluminiai vienetai santykiuoja sekančiai:

I gcal = 0,427 mkg = 0,427.9,71 Jouleių

I J = 0,24 gcal.

I Wattvalanda = 859 gcal.

I KWh = 859 Kcal.

Reiškia, pakėlimui temperatūros vieno kubinio metro vandens, t.y. vienos tonos vandens, ant 0,859°C reikalinga energija I KWh-os, o sušildymui I kg. vandens nuo I4,I°C iki I00°C reikalinga 0,I KWh-os.

I. MAGNETIZMAS.

§ 1. *Coulombo dėsnis.*

Magnetu vadinasi plieninis gabalas, pritraukiąs ir užlaikąs pritrauktus prie savęs nedidelius geležinius kūnus arba geležies piūvenas. Didžiausią pritraukimo galią turi magneto galai. Magneto vietos, kuriose apsireiškia didžiausia pritraukimo galia, vadinasi magneto poliais, o atstumas tarp polių - magneto ašimi. Ilguose ir laibuose magnetuose polius priimta skaityti taškais.

Magneto rodyklis, liuosai pakabintas centro svoryje ant vertikalės ašies, turi tą ypatybę, jog vienas jo polis krypsta į šiaurę, o kitas į pietus. Pirmas vadinasi to magneto šiaurės poliu (N), o antras pietų poliu (S). Mes vadinsime šiaurės polį *teigiamu*, o pietų polį *neigiamu*. Tyrimas rodo, kad vienženkliai (vienvardžiai) poliai kits kitą atstumia, o įvairiavardžiai - pritraukia. Todel galima priimti, jog šiaurėje randasi magnetinis (fizinis) pietų polis (S), o paliai pietų žemės ašigalį magnetinis šiaurės polis (N).

Gamtoje liuoso magnetinio polio nėra, tačiau, kad geriau supratus magnetizmo dėsnius, mes įvesime supratimą apie liuosą šiaurės bei pietų polius.

Atstumimo ir pritraukimo jėgos, kuriomis



poliai vienas į kitą veikia, priklauso nuo „magnetizmo kiekio" tuose poliuose ir nuo atstumo tarp jų.

Už „magnetizmo kiekio" vienetą priimtas toks taško pavidalo polis, kuris veikia į kitą tokį polį vieno centimetro atstume jėga, lygia vienai dynai.

Tokį polį (magnetizmo kiekį) vadinsime 1 Weberiu.

Coulombas vartodamas ilgus ir laibus magnetus, išrodė, jog jėga $\mathcal{P}$ tarpusavio veikimo dviejų liuosų, taško pavidalo, polių, kurių magnetizmai m_1 ir m_2 Weberių ir kurie randasi atstume r cm. nuo vienas kito, išsireiškia formula:

$$\mathcal{P} = \gamma \frac{m_1 . m_2}{r^2} \text{ dynų } \ldots\ldots (1).$$

Koeficientas γ priklauso nuo medžiagos kurioje randasi magnetiniai poliai. Ore koeficientas γ yra lygus 1.

§ 2. *Magnetinis laukas.*

Technikoje turima reikalo ne su taško pavidalo poliais, bet su magnetiniais laukais. Kad supratus, kas tai yra magnetinis laukas, reikia įsivaizdinti, jog visa erdvė aplink magnetą yra magnetizuota, t.y. randasi tam tikrame stovyje.

Visa erdvė, kurioje apsireiškia magnetiniai veikimai, vadinasi *magnetiniu lauku*. Laukas surandamas savo dvejopomis ypatybėmis, būtent: indukcijos ir jėgų veikimais.

Svarbiausias yra magnetinio lauko *indukci-*

jos veikimas. Jis, pavyzdžiui, gali apsireikšti momentaliu elektros srovės atsiradimu sujungtame laidininko kontūre, jei mes tą kontūrą pasuksime magnetiniame lauke ant 180°. Daleiskime, kad mes turime lygų magnetinį lauką. Pastatysime mūsų kontūrą (vijį), kurio plokštuma yra lygi plokštumos vienetui, į tokią padėtį, kurioje prie pasukimo mūsų kontūro ant 180 gauname jame didžiausią elektros srovę.

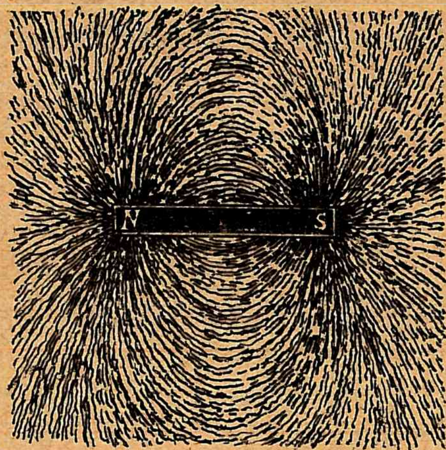
Dydis lauko, kurį mes matuojame ta momentale elektros srove, vadinasi magnetinė indukcija, arba magnetiniu tirštumu $\mathcal{B}$. *Kaipo magnetinės indukcijos vienetas priimta indukcija vieno centimetro atstume nuo polio vieneto.* Magnetinės indukcijos vienetas vadinasi I Gaussas.

Kadangi indukcijos suradimui mes privalome nustatyti mūsų kontūrą tam tikra kryptimi, tai indukcija, kaip ir jėga, turi tam tikrą kryptį erdvėje. Indukcijos kryptis mūsų tyrime duodama kryptimi statmens plokštumai kontūro, jo pirmutinėje padėtyje. Reiškia, jei norima surasti tam tikroje vietoje įvairių polių atstojamąją indukciją, tai atskiras indukcijas reikalinga sudėti tokiu pat būdu, kaip jėgas.

Išskyrus magnetus ir kristalus, indukcijos kryptis sutampa su magnetinės jėgos kryptimi. Magnetinio lauko indukcijos kryptį mes galime surasti geležies piūvenų pagalba.

Pabėrus geležies piūvenų magnetiniame lauke ant plokštumos, piūvenos sugula ant tos plokštumos tam tikromis linijomis (Br.I.). Tos linijos kiekvienoje vietoje rodo mums magnetinės jėgos ir indukcijos kryptį. Tokias lini-

jas mes galetumėm išbraižyti visą laiką eidami indukcijos kryptimi. Tokios kreivosios, kurių liečiamosios bet kokiame taške rodo indukcijos kryptį tame taške, vadinasi *indukcijos linijomis*. Skaitoma, kad indukcijos linijos išeina iš šiaurės (N) polio ir įeina į pietų (S) magnetinį polį. Tos linijos rodo tiktai indukcijos kryptį.



Br. 1. Indukcijos linijos

Kadangi jos esti įvairaus tankumo (ant polių tankiau, o toliau nuo polių rečiau), tai jas galima panaudoti aiškesniam indukcijos dydžio supratimui įvairiuose magnetinio lauko taškuose.

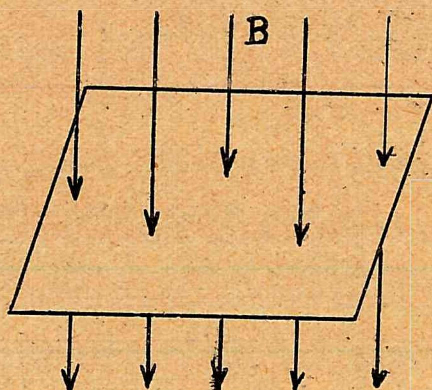
§ 3. Indukcijos sriautas.

Sandauga plokštumos ir perpendikuliarės tai plokštumai sudedamosios indukcijos vadinasi indukcijos sriautu per tą plokštumą. Už indukcijos sriauto vienetą priimtas sriautas per 1 cm^2 plokštumą, kuriai perpendikuliarė indukcija yra lygi 1 Gaussui. Indukcijos sriauto vienetas vadinasi *1 Maxwelliu*. Dažnai jį vadina viena *jėgos linija*.

Jei magnetinis laukas yra lygus (Br.2), tai indukcijos sriautas per plokštumą $S\, cm^2$, kurios perpendikuliarė indukcija yra $\mathfrak{B}$, bus:

$$\Phi = B.S \text{ Maxwellių.}$$

Jei lygaus magnetinio lauko indukcija B sudaro su statmenim plokštumai S kampą α tai statmena tai plokštumai sudedamoji indukcijos bus:



$B.\cos\alpha$ (Br.3).

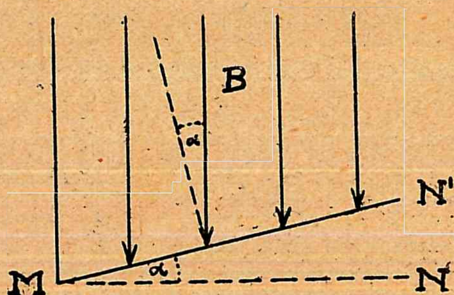
Todel indukcijos sriautas per plokštumą S bus:

$$\Phi = B.S.\cos\alpha \text{ Maxwellių}$$

Br.2. Lygaus magnetinio lauko indukcija statmena plokštumai.

kur $S.\cos\alpha$ yra statmena indukcijai B sudedamoji plokštumos.

Paimsime nelygiame magnetiniame lauke bet kokį paviršių(Br.4). Paimsime ant to paviršiaus be galo mažą plokštumėlę dS. Daleiskime, kad indukcija toje plokštumėlėje sudaro su statmenim tai plokštumėlei kampą α. Tuomet indukcijos sriautas per plokštumėlę dS išsireikš:



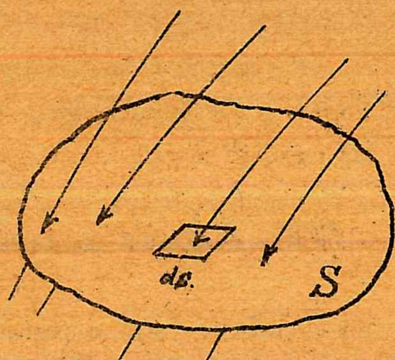
Br.3. Indukcija B su statmenim plokštumai sudaro kampą α.

$$d\Phi = B . dS . \cos\alpha$$

Todel indukcijos sriautas per visą paviršių išsireikš:

$$\Phi = \int B . dS . \cos\alpha$$ Maxwellių.

Indukcijos sriautas, gaunamas kaipo sandauga indukcijos ir plokštumos, yra atitrauktinis skaičius. Todel jis neturi krypties erdvėje. Per tat, kuomet reikalinga surasti kelių indukcijų sriautų per kokį nors paviršių suma, tai reikia tuos indukcijos sriautus sudėti algebraiškai, visai nekreipiant domės į tai, kokią kryptį turi indukcijos santykyje su tuo paviršium.



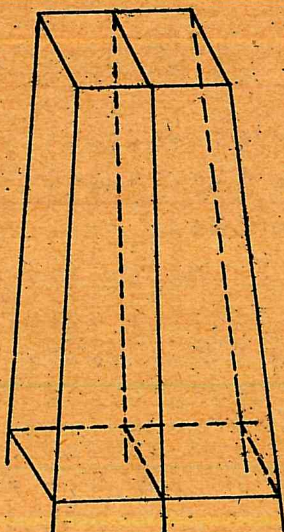
Br.4. Indukcijos sriautas per bet kokį paviršių.

§ 4. Indukcijos vamzdžiai.

Padalinsime magnetinį lauką į gretimus vamzdžius arba kanalus (Br.5) bet kokio piūvio, vienok taip, kad tų kanalų sienos bet kokiame sienos taške turėtų indukcijos kryptį.

Tokį vamzdį vadinsime indukcijos *vamzdžiu*. Indukcijos vamzdis charakterizuojasi ta ypatybe, kad *indukcijos sriautas per bet kokią to vamzdžio sienos dalį yra lygus nuliui,* o

indukcijos sriautas per bet kokį skersinį to vamzdžio piūvį yra dydis pastovus (constant). Toji sąlyga pasilieka net ir tada, kai tas vamzdis pereina vieną paskui kitą įvairias medžiagas, pav. orą, geležį.



Br.5.Indukcijos vamzdis.

Vamzdį, per bet kokį piūvį, kurio indukcijos sriautas yra lygus 1 Maxwelliui, priimta skaityti už vamzdį-vienetą. Vamzdis vienetas dažnai vadinamas *viena jėgos linija.* Kadangi indukcijos sriauto dydis per bet koki indukcijos vamzdžio skersinį piūvį nesikeičia, tai toks vamzdis atrodo mums tarytum užpildytu visame savo ilgyje vienodo dydžio sriautu.

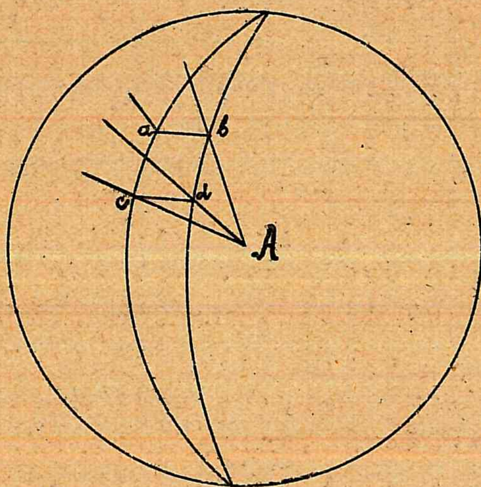
Tasai sriautas išeina iš šiaurės (N) polio, perkerta visą magnetinį lauką ir įeina į pietų (S) magneto polį. Daleidžiama, jog toks vamzdis eina ir pačiu magnetu: nuo pietų polio (S) į šiaurės polį (N). *Tokiu būdu išeina, kad indukcijos linijos yra sujungtos linijos, t.y. be galo ir pradžios žiedai.*

Tokio sriauto palaikymui nereikalinga aikvoti energijos. Tas, taip sakant, cirkuliuojąs vamzdyje sriautas nesudaro fizinio dydžio. Supratimai apie jį yra įvesti tiktai tam, kad, vartojant jį, lengviau išaiškintų magneto elektrinius apsireiškimus. Indukcijos sriautas, kaipo kas tai cirkuliuojąs erdvėje, fiziniai (gamtoje) neekzistuoja. Dydį $\int B.dS.\cos\alpha$

kaipo ką tai fizišką, tikriau būtų laikyti už magnetinio lauko jėgą.

§ 5. *Taško pavidalo polio magnetinis laukas.*

Daleiskime, kad taške A (Br.6) randasi 1 Weberis magnetizmo. Apibrėšime apie tašką A, kaipo centrą, rutulį vienam cm lygiu radiusu, ir paimsime ant to rutulio paviršiaus bet kokią jo dalelę a b c d. Sulig *§ 2* indukcija ant to rutulio paviršiaus bus lygi vienam Gaussui. Pravesime spindulius per taškus a b c d. Tokiu būdu gausime indukcijos vamzdį. Indukcijos sriautas perkerta paviršių



Br.6. Indukcijos vamzdis.

a b c d ir indukcijos vamzdžiu, taip sakant, cirkuliuoja tolyn. Ant rutulio paviršiaus, kursai turi radiusą, lygų r centimetrų; to vamzdžio indukcijos sriautas perkerta paviršių r^2 kartų didesnį už paviršių a b c d. Todel ant rutulio paviršiaus radiuso r turėsime r^2 kartų mažesnę indukciją. Ji bus lygi $\frac{1}{r^2}$ Gaussų. *Reiškia indukcijos atvirkščiai proporcingos atstumo kvadratui nuo polio.*

Kaip žinoma, r cm rutulis turi paviršių, lygų $4\pi r^2 cm^2$. Jei ant rutulio paviršiaus indukcija lygi $\frac{1}{r^2}$ Gaussų, tai indukcijos sriau-

tas per visą to rutulio paviršių bus:

$$\Phi = 4\pi . r^2 . \frac{1}{r^2} = 4\pi \text{ Maxwellių.}$$

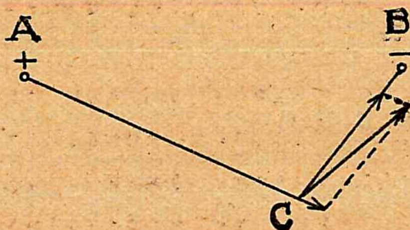
Suprantama, jog toks pat indukcijos sriautas bus ir per bet kokį paviršių, kursai apsiaučia iš visų pusių taško pavidalo polį su magnetizmo kiekiu, lygiu 1 Weberiui.

Reiškia, vienas Maxwellis sudaro 4π dalį indukcijos sriauto, kurį sudaro 1 Weberis.

Jei mes butumėm turėję taške A ne vieną, bet m Weberių magnetizmo, tai tokio polio indukcijos sriautas būtų buvęs:

$$\Phi = 4\pi . m \text{ Maxwellių.}$$

Kuomet mes turime 2 įvairiavardžius taško pavidalo poliu A ir B (Br.7), tai bet kokiame erdvės taške C indukcija gali būti surasta, kaipo geometrinė suma indukcijų, kurias sudaro poliai A ir B.

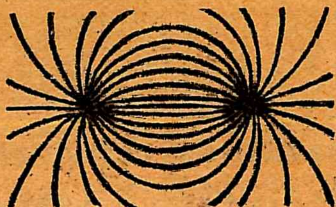


Br.7. Lauke dviejų lygių įvairiavardžių polių A ir B indukcija.

Jei atstumai AC ir BC santykiuoja, kaip 2 : 1, tai polių A ir B indukcijos taške C santykiuos, kaip 1 : 4, t.y. atvirkščiai proporcingai atstumų kvadratui nuo polių. *Geometrinė indukcijų suma polių A ir B duoda sumarinę indukciją taške C.*

Suprantama, jog dvieju vienodo dydžio įvairiavardžių polių indukcijos vamzdžiai nebetu-

rės išvaizdos tiesių spindulių, išeinančių iš vieno taško, kaip tat buvo prie vieno polio, bet kreivų vamzdžių (Br.8), kurių storis, didėjant atstumui nuo kiekvieno polio, didės, bet nevisai taip pat visuose vamzdžiuose lygiai, kaip didėja spindulio storis prie vieno polio.



Br.8. Indukcijos vamzdžiai dviejų lygių įvairiavardžių polių.

§ 6. Magnetinio lauko jėga.

Nuo indukcijos veikimų magnetiniame lauke išskiriami *jėgų veikimai* tame lauke. Jei taško pavidalo polis juda magnetiniame lauke, tai tas laukas atlieka darbą. Darbas tas teigiamas tuomet, kai judėsio kryptis sutampa su jėgos veikimo kryptimi, ir neigiamas, kai judėsio kryptis priešinga jėgos veikimo krypčiai.

Pastovaus magneto lauke pilnas darbas nepriklauso nuo kelio, bet tik nuo pirmutinės ir paskutinės polio padėties tame lauke. To darbo atlikimui energija imama iš magnetinio lauko. Jei polis bus kokios nors pašalinės jėgos perkeltas į savo pirmutinę padėtį, tai magnetinio lauko energija vėl turės savo pirmutinį dydį. Tas apsireiškimas panašus į tą, ką mes turime prie kūno kritimo ir pakelimo žemės paviršiuje.

Darbas, kuri atlieka magnetinis laukas, kuomet jis teigiamo magnetizmo vienetą perneša iš tam tikro taško į begalinę, vadinasi *potencialu tame taške*.

Darbas, kurį atlieka magnetinis laukas laike teigiamo magnetizmo vieneto judėsio iš vieno taško į kitą, *vadinasi potencialų skirtumu arba magnetiniu įtempimu tarp tų dviejų taškų.*

Jei padalinsime darbą, kurį magnetinis laukas atlieka jėgos kryptimi ant labai mažo ilgio kelio, iš to kelio ilgio, tai gausime *vienetui ilgio magnetinį įtempimą, arba lauko stiprumą.* Jį ženklinsime raide $\mathcal{H}$.

Kadangi santykiavimas tarp darbo ir kelio rezultate duoda jėgą, tai lauko stiprumą $\mathcal{H}$ galima matuoti jėga, kuria magnetinis laukas veikia į polio vienetą.

Magnetinio lauko stiprumas yra lygus vienetui, jei tas laukas veikia į polio vienetą (Weberį) jėga, lygia 1 dynai. Reiškia lauko stiprumas matuojamas dynomis/Weberio.

Jei magnetinis laukas veikia į polį (m) Weberių jėga (p) dynų, tai lauko stiprumas $\mathcal{H}$ išsireikš:

$$\mathcal{H} = \frac{p}{m} \text{ dynų/Weberių.}$$

Atvirkščiai, žinant lauko stiprumą, galima surasti potencialų skirtumą tarp bet kokių to lauko taškų. Aišku, jog potencialų skirtumas tarp taškų A ir B (Br.9) lygaus magnetinio lauko bus $\mathcal{H}.l$, jei $\mathcal{H}$ yra to lauko stiprumas, o l atstumas tarp taškų A ir B. Jei laukas nelygus, tai reikia paimti integralą iš $\mathcal{H}_l . dl$ kur $\mathcal{H}_l$ lauko stiprumo sudedamoji sutampanti su judėsio kryptimi, o kelias gali būti išrinktas bet kaip.

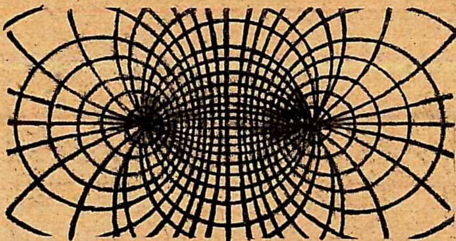
Lauko stiprumo kryptis duodasi jėgos kryptimi. Todel lauko stiprumo kryptis gali būti

atrasta arba magneto rodykliu, įneštu į tą lauką, arba pagalba geležinių piūvenų, pabertų ant plokštumos tame lauke. Kaip jau mūsų nurodyta § 2, indukcijos ir jėgos kryptys sutampa. Todel ir lauko stiprumo kryptis sutampa su indukcijos kryptimi.



Br.9. Lygus magnetinis laukas.

Vadinamas jėgų linijas mes surasime, jei eisime indukcijos kryptimi. Lauko stiprumo linijos (Br.10) turės tokią pat išvaizdą, kaip ir indukcijos linijos. Tyrimas rodo, kad ore taip indukcija, taip ir lauko stiprumas vienodai santykiuoja.



Br.10. Jėgų linijos ir vienodo potencialo paviršiai.

Sulig *§ 1* vieno centimetro atstume nuo magnetizmo vieneto (Weberio) lauko sripmumas $\mathcal{H}$ yra lygus 1 dynai/Weberio. Sulig *§ 2* indukcija $\mathcal{B}$ toje vietoje yra lygi 1 Gaussui. *Todel lauko stiprumas $\mathcal{H}$ ir indukcija $\mathcal{B}$ ore išsireiškia vienodais skaičiais.*

§ 7. Vieno taško pavidalo polio vieneto ir dviejų tokių pat polių lauko stiprumas $\mathcal{H}$ ir potencialas.

Atstume r nuo polio vieneto indukcija $\mathcal{B}$ yra lygi $\frac{1}{r^2}$ Gaussų. Taipogi sulig *§ 6* lauko stiprumas $\mathcal{H}$ ore tame atstume yra lygus $\frac{1}{r^2}$ dy-

nų/Weberio. Reiškia, atstume r nuo polio, turinčio (m) Weberių magnetizmo, lauko stiprumas bus:

$$\mathcal{H} = \frac{m}{r^2} \text{ dynų/Weberių.}$$

Atstume r centimetrų nuo polio potencialas arba darbas, kurį atlieka magnetinis laukas, magnetizmo vienetui judant iš to taško į begalinę, bus:

$$U = \int_r^{+\infty} \mathcal{H} . dr = \int_r^{\infty} \frac{m}{r^2} \cdot dr = \frac{m}{r}$$

Prie dviejų lygių įvairiavardžių polių tam tikrame taške, kurio atstumas nuo vieno polio yra lygus r_1 cm, o nuo kito polio r_2 cm, potencialas bus:

$$U = \frac{m}{r_1} - \frac{m}{r_2}$$

Taškai, kurie turi vienodą potencialą, gali sudaryti visą paviršių. Toks paviršius vadinasi *vienodo potencialo paviršiumi*. Jis turi tokią ypatybę, kad darbas perkelimo magnetizmo vieneto iš vieno taško to paviršiaus į kitą yra lygus nuliui. Tatai gali būti tiktai tuomet, kai jėgos kryptis yra statmena judėsio krypčiai. *Todel jėgos kryptis yra statmena kiekviename taške elementariai plokštumėlei vienodo potencialo paviršiaus.*

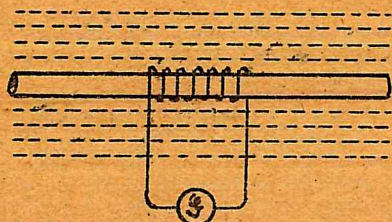
Br. 10-me kreivosios, kurios apsiaučia polius, duoda su popierio plokštuma piūvius vienodo potencialo paviršių. Tos kreivosios taip išbrėžtos, kad tarp dviejų gretimųjų pa-

viršių potencialų skirtumas yra vienodas.

§ 8. *Geležies įmagnetinimas.*

Iki šiol mes tyrinėjome lauko stiprumą ir indukciją ore. Pažiūrėsime, koks bus santykis tarp lauko stiprumo ir indukcijos geležyje ir kituose kūnuose.

Del geležies tyrimas duoda kitokį santykį tarp $\mathcal{H}$ ir $\mathcal{B}$. Paimsime geležies rąstelį ir padėsime jį į lygų magnetinį lauką, kaip nurodyta br. 11. Jei magnetinis laukas lygus ir didelis (užima didelę erdvę) ir rąstelis ilgas, tai ir įnešus jį į magnetinį lauką galima priimti, kad apie magneto vidurį turėsime lygų magnetinį lauką. Todel surastas lauko stiprumas ant rąstelio paviršiaus arti jo vidurio gali būti priimtas už lauko stiprumą ir pačioje rąstelio geležyje. Prie tam tikro magnetinio lauko stiprumo $\mathcal{H}$ indukcija geležies rąstelyje gali būti surasta šiaip:

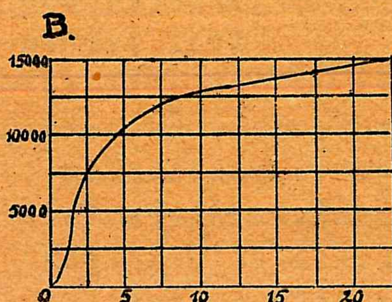


Br. 11. Geležies rąstelis lygiame magnet. lauke.

Apsuksime rąstelį apsuka, kaip nurodyta br. 11 ir sujungsime tos apsukos galus su galvanometru. Jei mes umai sumažinsime magnetinį lauką geležies rąstelyje iki nuliui, tai apsukoje induktiruosis elektros srovė, kurios dydį galime išmatuoti galvanometru, įjungtu į špulios (apsukos) grandinę. Dydis induktiruotos apsukoje elektros srovės duos galimybę surasti indukcijos sriautą rąstelyje. Pa-

dalinus jį (sriautą) iš skersinio rąstelio ploto piūvio, gausime indukciją rąstelyje. Pakartojus kelius kartus tą bandymą, mainant magnetinio lauko stiprumą ($\mathcal{H}$), gausime atsakančias indukcijas $\mathcal{B}$.

Jei mes išreikšime, surastus tokiais bandymais davinius, stačiakampėse koordinatose, būtent: indukcijas $\mathcal{B}$ atidėliosime ant ordinatų ašies, o lauko stiprumus $\mathcal{H}$ ant abscisų ašies, tai santykis tarp $\mathcal{H}$ ir $\mathcal{B}$ išsireikš kreivąja, kaip nurodyta 12 braižinyje. Tokia kreivoji vadinasi *įmagnetinimo kreivoji*. Pradžioje indukcija $\mathcal{B}$ auga mažai, paskiau, kai lauko stiprumas didėja, indukcija auga labai greitai, bet tik iki tam tikro lauko stiprumo. Ant galo kreivoji darosi nužulnesnė ir beveik lygiagretė abscisų ašiai; tas reiškia, jog prie didelio lauko stiprumo indukcija didėja labai mažai. Santykį tarp indukcijos ir lauko stiprumo vadinsime *pralaidumo galia* arba *lyginamu magnetiniu pralaidumu*, panašiai į lyginamąjį pralaidumą elektrinės grandinės; ženklinama jį raide μ.



Br. 12. Įmagnetinimo kreivoji.

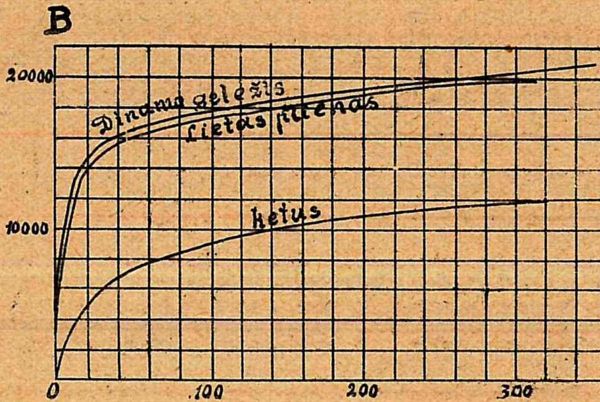
$$\mathcal{B} = \mu \mathcal{H}. \qquad \text{Ore } \mu = 1.$$

Kaip matome iš kreivosios 12 braiž. μ priklauso nuo įmagnetinimo laipsnio. Sulyginamai prie nedidelio įmagnetinimo pralaidumo galia μ siekia arti 4.000. Įmagnetinimui augant,

pralaidumo galia μ mažėja.

Be to pralaidumo galia priklauso nuo geležies rūšies. Taip pav. ketaus pralaidumo galia maža, lieto plieno didesnė ir minkštos geležies didžiausia (Br.13).

Sulig Weberio geležis susideda iš mažutėlių elementarių magnetų, kurie neįmagnetintoje geležyje stovi bet kaip. Kuomet ją įmagnetina, tai tie elementariai magnetai pasisuka taip, kad jų ašys darosi lygiagretės magneto ašiai taip, kad jų šiaurės poliai pasisuka į tą pusę, kur susidaro šiaurės magneto polis, o pietų poliai pasisuka į pietų magneto polio pusę. Magneto polių susidarymo priežastis yra tas elementarių magnetukų pasisukimas. Prie pakankamo įmagnetinimo elementarių magnetikų, ašys tampa lygiagretės magneto ašiai; nepilnai įmagnetintoje geležyje jos dar ne visai lygiagretės.



Br.13. Įmagnetinimo kreivosios.

Sustabdžius magnetizavimą, minkšta geležis nustoja magneto ypatybių, o ketus ir užgrūdintas plienas ilgai dar tas ypatybes užlaiko. Tatai del to, kad minkštoje geležyje elemenrariams magnetikams palyginamai lengva pasisukti į savo pirmutinę neįmagnetintos geležies padėti. Ketuje ir užgrūdintame pliene

medžiagos kietumas neduoda tam įvykti.

Ta Weberio teorija pasitvirtina apsireiškimu šilimos išsiskyrimo geležyje prie jos permagnetinimo. Tas apsireiškimas vadinasi *Hysterezisu*. Fiziniai jį reikia suprasti, kaipo trinimąsi elementarių magnetikų į viens kitą, kai jiems prisieina pasisukti ant 180° laike vieno pilno permagnetinimo.

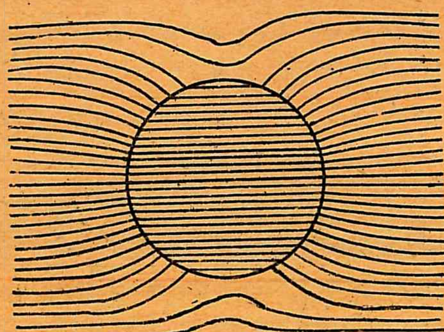
Išsiskyrusios prie geležies permagnetinimo šilimos kiekis, arba, kitaip sakant, suvartotos ant Hysterezizo energijos kiekis (Hysterezizo nuostoliai), yra *proporcingas permagnetinimu skaičiui ir geležies kiekiui; be to Hysterezizo nuostoliai didėja, didinant įmagnetinimą ir geležies kietumą.*

§ 9. Indukcijos linijų perėjimas į kitą medžiagą.

Įnešime į lygų magnetinį lauką geležinį rutulį. Bandymas su piūvenomis mums parodys, kad magnetinis laukas pasidarė jau nebelygus. Rutulio diametro galuose, kurie sutampa su magnetinio lauko kryptimi, mes surasime didžiausią indukciją, o ant ekvatoriaus mažiausią (Br.14). Indukcijos linijos persilaužia ir įeina į geležinį rutulį beveik statmenai jo paviršiui, t.y. įeina rutulio radiuso kryptimi. Geležyje indukcijos vamzdžiai darosi siauresni ir turi magnetinio lauko kryptį. Pats rutulis pasidarė magnetu. Toje pusėje, kur įeina į jį indukcijos linijos, mes rasime pietų polį, o priešingoje jo pusėje šiaurės polį.

Lauko stiprumas rutulio viduje yra lygus lauko stiprumui ore ant jo ekvatoriaus. Induk-

cija $\mathcal{B}$ jo viduje yra lygi indukcijai ant polių. Lauko stiprumas ant rutulio ekvatoriaus, palyginant su lauko stiprumu lygaus magnetinio lauko, prieš įnešimą į jį geležinio rutulio, sumažėjo. Indukcija $\mathcal{B}$ viduje rutulio ir ant jo polių ne μ kartų didesnė už lauko stiprumą $\mathcal{H}$ kurį tas laukas turėjo prieš įnešant į jį geležinį rutulį, bet tik μ kartų didesnė už lauko stiprumą $\mathcal{H}$ ant rutulio ekvatoriaus.



Br. 14. Geležinis rutulis lygiame magn. lauke.

Kai indukcijos linijos pereina į kitą medžiagą, tai jos persilaužia. Daleiskime, kad indukcijos linijos pereina iš medžiagos I į medžiagą II (Br. 15). Plokštumos, kurias indukcijos linijos perpendikuliariai perkerta, santykiuoja taip, kaip AB : CD.

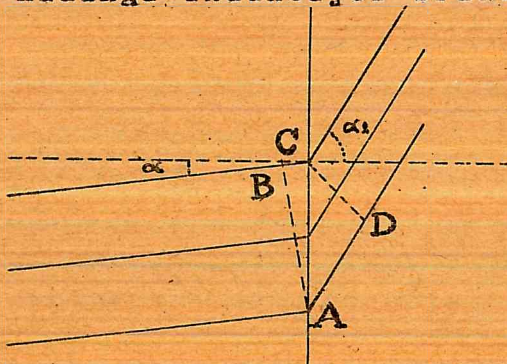
Jei persilaužimo kampas yra α_1 ir α_2, tai:

$$AB = AC\cos\alpha_1 \text{ ir } CD = AC\cos\alpha_2.$$

Kadangi indukcijos sriautas nepriklauso nuo medžiagos, tai jis bus vienodas taip medžiagoje pirmoje, taip ir antroje. Todel

$$\mathcal{B}_1 \cdot AB = \mathcal{B}_2 \cdot CD$$

kur $\mathcal{B}$ ir $\mathcal{B}_2$ medžiagų 1 ir 2 induk-



Br. 15. Indukc. linijų persilauž.

cijos. Pastatę į tą lygtį vietoje AB ir CD jų aukščiau išvestus reiškinius, gauname:

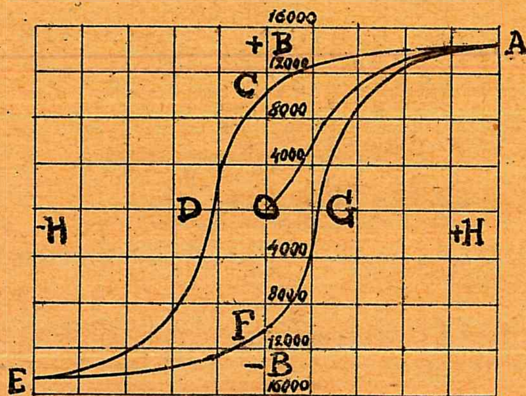
$$\mathcal{B}_1 \cdot AC\cos\alpha_1 = \mathcal{B}_2 \cdot AC\cos\alpha_2, \quad \text{arba}$$

$$\mathcal{B}_1 \cos\alpha_1 = \mathcal{B}_2 \cos\alpha_2$$

kas rodo, jog *statmenos persilaužimo plokštumai indukcijos yra tarpusavy lygios.*

§ 10. *Hysteresis.*

Įnešime į silpną magnetinį lauką geležinį rąstelį ir sustiprinsime tą lauką iki bet kokio dydžio, pav. iki $\mathcal{H}$ = 20 dynų/Weberio (Br.16). Pradžioje, kol magnetinio lauko stiprumas lygus nuliui, indukcija taipogi lygi nuliui. Magnetinio lauko stiprumui didėjant, indukcija augs kreivąja OA. Jeigu dabar pradėsime lauko stiprumą $\mathcal{H}$ mažinti, tai mažės ir indukcija $\mathcal{B}$. Tas mažėjimas eis kreivąja AC taip, kad tuomet, kai lauko stiprumas bus lygus nuliui, indukcija turės dar teigiamą dydį OC, t.y. rąstelis dar bus įmagnetintas. Sakoma rąstely pasiliko magnetizmo liekanos. Jei dabar permainysime įmagnetinimo kryptį, tai rąstelis greitai nustos magneto ypatybių, taip kad prie lauko stiprumo $-\mathcal{H}=OD$ indukcija bus lygi nuliui. Didinant $\mathcal{H}$ neigia-



Br.16. Hysteresiso šleifas.

moje kryptyje indukcija auga kreivąja $\mathcal{DE}$ ir prie lauko stiprumo $-\mathcal{H} =$ 20 dynų/Weber indukcija pasieks tokio neigiamo dydžio, kokį pirmiau turėjo maksimalį teigiamą. Jei vėl pradėti mažinti $\mathcal{H}$, tai indukcija vėl mažės lečiau, kaip augo ir taip, kad prie $\mathcal{H} = 0$ rąstelyje dar bus liekanos magnetizmo, kurio indukcija išsireikš vektoriu $\mathcal{OF}$. Tiktai prie $\mathcal{H}$ lygaus $\mathcal{OG}$ indukcija darosi lygi nuliui. Jei vėl įmagnetinimą kelsime iki $+\mathcal{H} =$ 20 dynų, tai indukcija didės kreivąja $\mathcal{GA}$, ir prie įmagnetinimo $\mathcal{H} =$ 20 dynų indukcija pasieks tašką $\mathcal{A}$. Toks atsilikimas indukcijos nuo lauko stiprumo atsitinka deliai inercijos elementarių geležies magnetikų ir jų trinimosi į viens kitą prie geležies permagnetinimo. Tas apsireiškimas vadinasi Hysteresisu. Kreivoji 16 br. vadinasi Hysteresiso šleifu. Energija, aikvojama laike vieno permagnetinimo vieno kubinio centimetro geležies ir išreiksta ergais, lygi $4\pi^{\underline{a}}$ Hystetesiso šleifo plokštumos daliai.

Sulig Steinmetzo Hysteresiso nuostoliai tūrio vienete laike vieno permagnetinimo (vieno periodo) proporcingi 1,6 laipsniui maksimalės indukcijos $\mathcal{B}_m$.

Jie gali būti išreikšti formula:

$$\frac{\mathcal{A}}{v} = \eta \, \mathcal{B}_{max}^{1,6} \quad \text{Ergu/cm}^3$$

$\mathcal{A}$ = suvartojamoji ant Hysteresiso energija tyrinėjamame geležies gabale;
V = tyrinejamojo geležies gabalo tūris;
$\mathcal{B}_m$ = maksimalė indukcija;
η = koeficientas priklausąs nuo geležies rū-

šies.

Jei G yra geležies svoris kg., tai prie lyginamojo geležies svorio 7,7 jos tūris bus:

$$v = (G \cdot 1000) : 7{,}7 \ cm^3$$

Kadangi 1 Ergas/sek = 10^{-7} Wattų, tai prie N periodų į sekundą suvartota geležyje galia bus:

$$A_s = \frac{\eta \cdot B_m^{1,6} \cdot G . 1000 . N . 10^{-7}}{7{,}7} \text{ Wattų} \ldots\ldots (2)$$

Geležies lapuose, kurie vartojami mašinose, koeficientas η priimamas nuo 0,001 iki 0,004.

II. ELEKTROMAGNETIZMAS.

§ 11. Indukcijos dėsnis.

Sulig Faradayaus, špulioje induktiruojasi e.v. jėga tuomet, kai apsiaustas jos vijais indukcijos sriautas mainosi.

Toji e.v. jėga turi tokią kryptį, kad jos sudaryta elektros srovė priešinasi keitimuisi, perkertančio špulią indukcijos sriauto.

Faradayaus dėsnį galime išreikšti dar taip: *Sudarytas špulioje įtempimas proporcingas mainymosi greitumui sriauto, kursai perkerta špulios plokštuma ir proporcingas skaičiui nuosekliai sujungtų špulios vijų. Jei vienu viju apsiaustas indukcijos sriautas vienos sekundos laikotarpy mainosi vienu Maxwelliu, tai sudarytas jame įtempimas lygus apsoliutiniam įtempimo vienetui. 10^8 apsoliutinių įtempimo vienetų priimta vadinti 1 Voltu.*

Sulig išdestytu, e.v. jėgos dydis špulioje, kuri susideda iš W nuostoliai sujungtų vijų, kurių plokštumas perkerta indukcijos sriautas ϕ ir mainosi laikotarpy dt ant $d\phi$, išsireikš formula:

$$e = -W\frac{d\phi}{dt}\cdot 10^{-8} \text{ Voltų} \qquad (3).$$

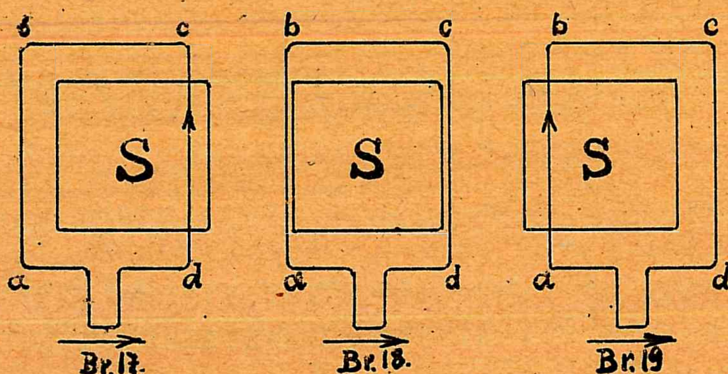
ženklą minus statome del to, kad sudaryta to įtempimo srovė priešinasi indukcijos sriauto

mainymuisi.

Jei špulia maino savo padetį magnetiniame lauke, kaip tat yra dinamo mašinose, tai sriautas, kurį apsiaučia špulios vijai, mainosi ir todel špulios apsukoje induktiruojasi E.V. jėga.

Taipogi gali induktiruotis įtempimas ir ramiai stovinčioje špulioje, jei indukcijos sriautas, kurį apsiaučia špulios vijai mainosi. Tokį atsitikimą turime transformatoriuose, kur ramiai stovinčioje špulioje, indukcijos sriautas, laikui bėgant, mainosi.

Atskirų vijų kontūrai, paimti iš dinamo mašinų apsukų, turi sudarytų iš 2 vielų šleifų (kilpų) formas; skaitysime tuos šleifus stačiakampiniais, kaip tai schematiniai nurodyta 17, 18 ir 19 braižiniuose. Tokiu būdu kiekvieną vijį, kuriame induktiruojasi įtempimas



Šleifo judėsis magnetiniame lauke.

iš priežasties jo judėsio magnetiniame lauke, galima įsivaizdinti sau kaipo šleifą (kilpą), kursai susideda iš dviejų vielų; tos vielos, judėdamos statmenai (perpendikuliariai) magnetinio lauko linijoms , perpiauna jas; todel indukcijos sriautas, kuri apsiaučia šlei-

fas, mainosi. Kadangi indukcijos sriauto persimainymas lygus perpiautų indukcijos linijų bei vamzdžių vienetų kiekiui, tai sulig Faradajaus, *sudarytą judančiame laidininke įtempimą apsoliutiniuose vienetuose galima skaityti lygiu kiekiui perpiautų laidininku per sekundą indukcijos vamzdžių vienetų.*

Daleiskime, kad ilgumas prieš polius gulinčios vielos lygus l cm. (Br. 17) ir kad tos vielos judėsio greitumas sudaro v cm/sek. Daleiskime taipogi, kad indukcija B prieš polį ant ilgio l cm. visur vienoda, t.y. kad laukas prieš polius lygus, ir kad judėsio kryptis stačia indukcijai ir laidininko ilgiui.

Jei laidininkas laikotarpy dt pereina kelią ds cm, tai jo apibrėžta plokštuma lygi $l.ds$ cm^2, ir indukcijos sriauto priaugimas bus: $d\varphi = B.l.ds$. Nekreipiant domės į e. v. jėgos kryptį gauname, jog ji išsireikš:

$$e = \frac{d\varphi}{dt}.10^{-8} = B.l\frac{ds}{dt}10^{-8} = B.l.v.10^{-8} \text{ Voltų.} \quad (4).$$

Jei laidininko ilgis nestatmenas lauko krypčiai, arba judėsio kryptis nestatmena laidininkui ir lauko krypčiai, taidel l ir v reikalinga paimti statmenas sudedamasias.

Suradimui induktiruojamosios judančiame laidininke e.v. jėgos krypties vartojamas vadinamas dešinės rankos dėsnis:

Ištiesti dešinę ranką išilgai laidininko taip, kad indukcijos linijos įeitų į delną statmenai, o atstatytas nykštis rodytų laidininko judėsio kryptį, tuomet kiti pirštai ištiestos rankos rodys induktiruotos laidininke

e.v. jėgos kryptį, t.y. induktiruota laidininke srovė rodysis išeinanti iš dešinės rankos pirštų galų.

§ 12. Induktiruotos el.var.jėgos kryptis.

Pritaikindami dešinės rankos dėsnį (17 br), randame, jog laidininke cd induktiruota e.v. jėga turės kryptį iš apačios į viršų. Todel srovė sujungtame konture abcd turės kryptį, priešingą laikrodžio rodyklio judėsio krypčiai, o indukcijos linijų kiekis, kursai perkerta tą konturą, prie judėsio laidininko, nurodyto 17-me br., didės.

Kai konturas santykyje su poliu priims padetį, nurodytą 18 br. konture nesiinduktiruos jokia e.v. jėga, nes nei laida cd, nei ab neperkerta magnetinio lauko indukcijos linijų, todel ir sriautas, kurį apsiaučia kontūras, nesimaino.

Kai toliau judantis konturas santykyje su poliu priims padėtį nurodytą 19-me br., tai laidininke ab induktiruosis e.v. jėga krypties iš apačios į viršų. Todel sujungtame konture abcd induktiruosis srovė laikrodžio rodyklio judėsio krypties, o indukcijos linijų kiekis, kurias tas konturas apsiaučia, mažės.

Iš viršisdėstyto matome, jog judant konturui magnetiniame lauke statmenai indukcijos linijoms, tame konture induktiruojasi tai vienos, tai kitos krypties srovė. Vidurinėje konturo padėtyje (18 br.), kuomet konturas apsiaučia visą magnetinį lauką, dydis induktiruotos jame e.v jėgos lygus nuliui. Prie tolimesnio judėsio to konturo (19 br.), jame vėl atsiranda e.v. jėga tokio pat dydžio, kaip

fas, mainosi. Kadangi indukcijos sriauto persimainymas lygus perpiautų indukcijos linijų bei vamzdžių vienetų kiekiui, tai sulig Faradajaus, *sudarytą judančiame laidininke įtempimą apsoliutiniuose vienetuose galima skaityti lygiu kiekiui perpiautų laidininku per sekundą indukcijos vamzdžių vienetų.*

Daleiskime, kad ilgumas prieš polius gulinčios vielos lygus l cm. (Br. 17) ir kad tos vielos judėsio greitumas sudaro v cm/sek. Daleiskime taipogi, kad indukcija B prieš polį ant ilgio l cm. visur vienoda, t.y. kad laukas prieš polius lygus, ir kad judėsio kryptis stačia indukcijai ir laidininko ilgiui.

Jei laidininkas laikotarpy dt pereina kelią ds cm, tai jo apibrėžta plokštuma lygi $l.ds$ cm^2, ir indukcijos sriauto priaugimas bus: $d\varphi = B.l.ds$. Nekreipiant domės į e. v. jėgos kryptį gauname, jog ji išsireikš:

$$e = \frac{d\varphi}{dt} \cdot 10^{-8} = B.l\frac{ds}{dt}10^{-8} = B.l.v.10^{-8} \text{ Voltų}. \quad (4).$$

Jei laidininko ilgis nestatmenas lauko krypčiai, arba judėsio kryptis nestatmena laidininkui ir lauko krypčiai, taidel l ir v reikalinga paimti statmenas sudedamasias.

Suradimui induktiruojamosios judančiame laidininke e.v. jėgos krypties vartojamas vadinamas dešinės rankos dėsnis:

Ištiesti dešinę ranką išilgai laidininko taip, kad indukcijos linijos įeitų į delną statmenai, o atstatytas nykštis rodytų laidininko judėsio kryptį, tuomet kiti pirštai ištiestos rankos rodys induktiruotos laidininke

e.v. jėgos kryptį, t.y. induktiruota laidininke srovė rodysis išeinanti iš dešinės rankos pirštų galų.

§ 12. Induktiruotos el.var.jėgos kryptis.

Pritaikindami dešinės rankos dėsnį (17 br), randame, jog laidininke cd induktiruota e.v. jėga turės kryptį iš apačios į viršų. Todel srovė sujungtame konture abcd turės kryptį, priešingą laikrodžio rodyklio judėsio krypčiai, o indukcijos linijų kiekis, kursai perkerta tą konturą, prie judėsio laidininko, nurodyto 17-me br., didės.

Kai konturas santykyje su poliu priims padetį, nurodytą 18 br. konture nesiinduktiruos jokia e.v. jėga, nes nei laida cd, nei ab neperkerta magnetinio lauko indukcijos linijų, todel ir sriautas, kurį apsiaučia kontūras, nesimaino.

Kai toliau judantis konturas santykyje su poliu priims padėtį nurodytą 19-me br., tai laidininke ab induktiruosis e.v. jėga krypties iš apačios į viršų. Todel sujungtame konture abcd induktiruosis srovė laikrodžio rodyklio judėsio krypties, o indukcijos linijų kiekis, kurias tas konturas apsiaučia, mažės.

Iš viršisdėstyto matome, jog judant konturui magnetiniame lauke statmenai indukcijos linijoms, tame konture induktiruojasi tai vienos, tai kitos krypties srovė. Vidurinėje konturo padėtyje (18 br.), kuomet konturas apsiaučia visą magnetinį lauką, dydis induktiruotos jame e.v jėgos lygus nuliui. Prie tolimesnio judėsio to konturo (19 br.), jame vėl atsiranda e.v. jėga tokio pat dydžio, kaip

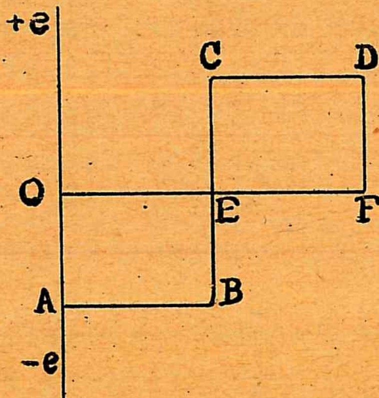
ir padėty 17 br., bet priešingos krypties. Todel, jei e.v.jėga, kuri induktiruojasi konture, jo padėtyje, nurodytoje 17 br., mes skaitysime neigiama, tai e.v.jėga, kuri induktiruojasi konture, kuomet jis esti padėtyje, nurodytoje 19 br. turėsime skaityti teigiama.

Viršišdėstytas atsitinka tuomet, kuomet magnetinis laukas lygus, t.y. tuomet, kuomet visuose taškuose prieš polius indukcija vienoda. Aišku, jog ir induktiruotos laidininke e.v. jėgos dydis visose to laidininko padėtyse prieš polį bus vienodas. Reiškia, stačiakampėse kordinatose dydis induktiruotos e.v. jėgos konture abcd, laikotarpy jo judėsio magnetiniame lauke, pradedant nuo momento, kai laida cd įeina į magnetinį lauką ir baigiant momentu, kai laida ab išeina iš to lauko, gali būti parodyta taip, kaip tas nurodyta 20-me braižinyje, kur ant abscisų ašies atidėtas ilgis kelio, kurį konturas perėjo, judant prieš polį; būtent: momente O laidininkas cd įėjo į magnetinį lauką, o momente E jis išėjo iš to lauko; momente E laidininkas ab įėjo į magnetinį lauką, o momente F išėjo. Ordinatas vaizduoja induktiruotos e.v. jėgos dydį įvairiose konturo padėtyse.

Kaip seka iš 4-os formulos (*§ 11*), dydis e.v. jėgos priklauso nuo B, l ir v. Prie pastovių l ir v, jei B mainytusi, tai ir e.v. jėgos dydis nebūtų pastovus.

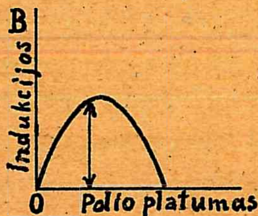
Dinamo mašinos polių galūnėms suteikiama tokia forma, kad jų sudarytas magnetinis laukas esti nelygus: įvairiose polio galūnės dalyse gaunama įvairi indukcija, ir stengiamasi padaryti taip, kad toji indukcija mainytusi

sinuso dėsniu. Daleiskime, kad nurodytame atsitikime, pradedant nuo kairiojo polio krašto iki dešiniojo br. 17, indukcija nepastovi, bet mainosi taip, kaip parodyta 21-me br., kur ant abscisų ašies atidėtas polio platumas, o ant ordinatų ašies atsakanti indukcija B. Suprantama, kad judant konturui abcd (br. 17, 18 ir 19), tokiame



Br.20. Judančiame konture abcd e.v. jėgos diagrama.

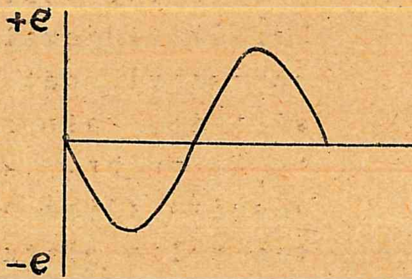
magnetiniame lauke, kurio indukcija mainosi nurodytu braižinyje 21[me] dėsniu, jame induktiruosis e.v. jėga, kurios dydis mainysis taip, kaip nurodyta 22 braižinyje, bet ne 20-to braižinio dėsniu. Iš tyrinėjimų e.v. jėgos ir srovės jėgos krypties konture abcd 17, 18 ir 19 br. ir taipogi indukcijos sriauto, kursai tą konturą perkerta, galima išvesti sekantį dėsnį: *Jei žiūrėti per konturą indukcijos linijų kryptimi, tai didėjant indukcijos linijų skaičiui, kurias apsiaučia konturas šiame induktiruojasi e.v. jėga, kuri turi kryptį priešingą laikrodžio rodyklio judėjimo krypčiai, o mažėjant indukcijos linijų skaičiui, jame induktiruojasi e.v. jėga laikrodžio rodyklio judėsio krypties* (Maxwel-



Br.21. Sinusoidalis magnetinis laukas.

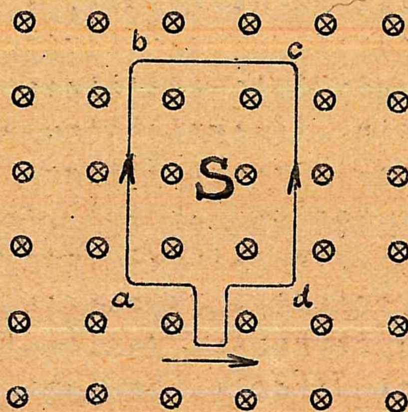
lio dėsnis).

17, 18 ir 19 braižiniuose mes peržiurėjome atsitikimą, kai tiktai viena konturo laida perpiauna indukcijos linijas. Pažiūrėsime, kas atsitiktų, jei judant konturui abcd (23 br.) abi šleifo vielos ab ir cd būtų drauge lygiame magnetiniame lauke.



Br.22. Sinusoidalė e.v. jėga konture abcd.

Daleiskime, kad mūsų magnetinis laukas žymiai platesnis už konturą (br. 23) ir kad indukcijos linijos eina iš viršaus į užpakalį popierio plokštumos, t.y. kad braižinyje 23-me turime tokią pat lauko kryptį, kaip ir braižiniuose 17, 18 ir 19. Indukcijos linijų užpakaliai tame braižinyje pažymėti skrituliukais su kryžiukais viduryje.



Br.23. Abi šleifo vielos sykiu perkerta indukcijos linijas *m* lauke.

Žemiau, kaip indukcijos linijų kryptį, taip ir elektros srovės jėgos ir e.v. jėgos kryptį mes ženklinsime skrituliuku su kryžiuku viduje, jei jie turės kryptį į užpakalį popierio plokštumos, o skrituliuku su taškeliu jo centre,

jei jų kryptis bus iš užpakalio popierio plokštumos į skaitytoją.

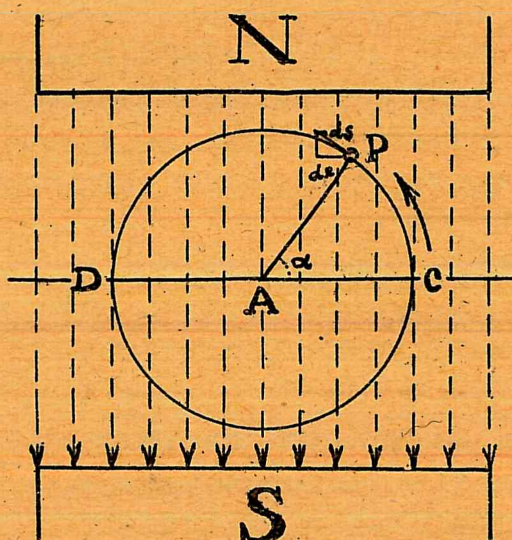
Daleiskime, kad konturas abcd juda dešinėn 23 br. strėlos kryptimi ir statmenai, kaip indukcijos linijoms, taip ir laidoms ab ir cd. Dešinės rankos dėsniu surandame, jog abiejose tose laidose induktiruosis e.v. jėga iš apačios į viršų. Jei ilgis laidos ab lygus cd, jų judėsio greitumai ir indukcija B visose lauko dalyse vienodi, tai tos e.v. jėgos turės vienodą dydį ir priešingas kryptis. Todel sumarinė e.v. jėga konture bus lygi nuliui ir konture nebus jokios srovės.

Suprantama, kad, jeigu magnetinis laukas būtų nelygus, pav. dešinėje lauko pusėje indukcija B būtų mažesnė, tai prie nurodyto 23 br. konturo judėsio, jame atsirastų srovė, kuri turėtų laikrodžio rodyklio judėsio kryptį. Todel aukščiau nurodytas Maxwellio dėsnis, apie e.v. jėgos kryptį konture, judančiame magnetiniame lauke, yra teisingas ir tuomet, kai magnetinis laukas nelygus ir konturas mažesnis už magnetinį lauką. Reiškia Maxwellio dėsnis teisingas visuose atsitikimuose.

§ 13. Lygiame magnetiniame lauke apskritimu judantis tiesus laidininkas.

Dabar pažiūrėsime, kokia e.v. jėga induktiruosis tiesiame laidininke, jei jis judės lygiame magnetiniame lauke apskritimu. 24-me braižinyje parodytas lygus magnetinis laukas, kurio kryptis nurodyta strėlomis. Taškas A vaizduoja ašį stačią braižinio plokštumai. Apie tą ašį, atstume r cm. nuo jos, ir jai lygiagrečiai kryptimi, priešinga laikrodžio ro-

dyklio judėsiui, sukasi viela P statmenai lauko krypčiai. Daleiskime, kad toji viela daro N apsisukimų per sekundą, o laikas vieno pilno apsisukimo sudaro T sekundų. Taške C viela P juda lygiagrečiai lauko krypčiai, todel induktiruota joje e.v. jėga lygi nuliui. Tolimesniame vielos P judėsy taško D link, ji perkerta indukcijos linijas ir todel joje induktiruojasi e.v. jėga, kuri sulig dešinės rankos dėsniu turės kryptį iš popierio plokštumos į skaitytoją. Taške D e. v. jėga vieloje P vėl bus lygi nuliui, del tos pačios priežasties, kaip ir taške C. Prie tolimesnio judėsio nuo taško D link taško C, vieloje P vėl induktiruosis e.v. jėga, bet priešingos krypties. Jei skaitysime viršutinėje pusėje apskritimo e.v. jėgą teigiama, tai apatinėje pusėje bus neigiama.



Br.24. Lygiame magn. lauke sukasi tiesus laidininkas.

Jei visą laiką vielą P tolygiai suksime apie ašį A, tai toje vieloje induktiruosis kintama e.v. jėga, kuri tam tikrame momente lygi nuliui, paskiau auga iki tam tikro maksimumo ir pagaliau mažėja iki nuliui. Čia maino savo kryptį ir vėl auga iki maksimumo, o paskui krinta iki nuliui. Toliau visa tai kar-

tojasi ta pačia tvarka.

Jos dydis bet kokioje vielos P padėtyje išsireikš formula (*11 §*). Pritaikinant čia formulą: $e = Blv\ 10^{-8}$ Voltų; greitumą v čia reikia suprasti, kaipo greitumo sudedamąją, statmeną indukcijos linijų krypčiai. Toji greitumo sudedamoji taškuose C ir D yra lygi nuliui, o ant vertikalio diametro ji yra didžiausia ir lygi vielos judėsio greitumui. Todel ir induktiruojama e.v. jėga padėtyse vielos P taškų C ir D yra lygi nuliui, o padėtyse jos ant vertikalio diametro e.v. jėga esti joje didžiausia. Daleiskime, kad be galo mažame laikotarpy viela P praėjo kelią ds; statmena lauko krypčiai, judėsio sudedamoji bus:

$$dx = ds . \sin\alpha$$

jei α yra kampas PAC.

Prie apskritimo radiuso r. vielos P judėsio greitumas v išsireikš: $v = 2\pi r . N$. To greitumo sudedamoji, statmena indukcijos linijų krypčiai, bus: $v = 2\pi r . N . \sin\alpha$

Pastatę reiškinį v į formulą (4), gausime:

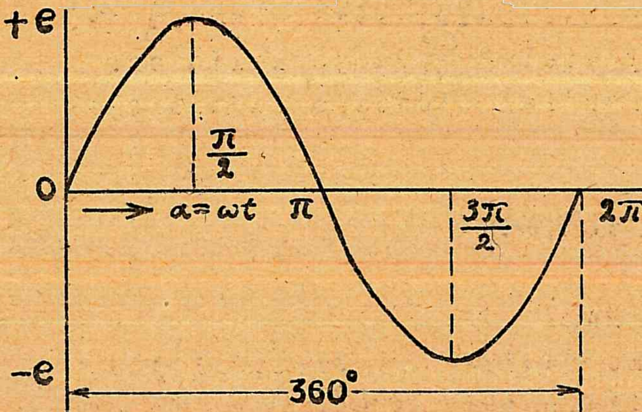
$$e = B l . 2\pi r . N . \sin\alpha . 10^{-8} \text{ Voltų} \ldots\ldots (5),$$

Kadangi 2rl yra statmena magnetinio lauko krypčiai plokštuma, kurią laidininkas P perkerta magnetinio lauko indukcijos linijas, tai B.2rl bus indukcijos sriautas per ta plokštumą; todel vietoje (5) lygties galime parašyti:

$$e = \Phi \pi N \sin\alpha . 10^{-8} \text{ Voltų} \ldots\ldots\ldots (6).$$

Išreikšta ta lygtimi e.v. jėga mainosi sinuso dėsniu. Todel prie kiekvieno kampo α lengva surasti e.v. jėgos dydį.

Aiškiai vaizduojasi e.v. jėgos mainymasis, jei ją išbrėžti grafiškai. Ant abscisų ašies atidėsime (lankus) kampus α, išreikštus 2π dalimis ir del kiekvieno kampo ant statmenų abscisų ašiai atidėsime atatinkamus e.v. jėgos dydžius, išskaitliuotus sulig (6) lygties. Tuomet gausime sinusoidą kintamos e.v. jėgos. (25 br.). Pilnas mainymosi ciklas tos e.v. jėgos įvyksta laikotarpy vieno pilno apsisukimo vielos P apie aši A. Mainymosi ciklą primta vadinti *banga*, o laikas, per kurį tas mainymasis įvyksta, *periodu*. Tos sinusoidos bangos ilgis atsako kampui 360° arba 2π.



Br.25. Kintamojo įtempimo sinusoida kaipo 2π funkcija.

Momentalių e.v. jėgos dydžių reiškinys (6) turi būti parodytas ne tik kaipo lankų funkcija, bet ir laiko. Tą parodyti nesunku. Kaip aukščiau nurodyta, laikas vieno pilno apsisukimo vielos P apie ašį A lygus T sek. Reiškia, pilna banga susidaro laikotarpy T sekundų. Tokiu būdu bangos ilgį galima išreikšti T sekundomis, o atstumus ant abscisų ašies nuo koor-

dinatų pradžios laikotarpiais t. 25-me braižiny 2π sudaro bangos ilgį ir α bet kokios ordinatos atstumą nuo kordinatų pradžios. Reiškia, braižiniams 25 ir 26 galima parašyti proporcija:

$$\alpha : . = 2\pi : T \text{ iš kur}$$

$$\alpha = 2\pi\frac{t}{T} = 2\pi Nt = \ t, \text{ kur}$$

$$N = \frac{1}{T} \text{ ir } \omega = 2\pi N$$

Reiškini $\omega = 2\pi N$ vadina *kampiniu greitumu*, o N *dažnumu* arba *periodų skaičiumi per sekundą*. Dažnumą ženklina raide f arba $\sim$. Dabar lygtį (o) galima parašyti šiaip:

$$e = \Phi\pi N \sin(\omega t).10^{-8} \text{ Voltų.......(7).}$$

Didžiausia e bus tuomet, kai $\sin(\omega t) = 1$, t.y. prie $t = \frac{T}{4}$; $t = {}^3/_4T$ ir t. toliau.

Prie to $\omega t = {}^1/_2\pi$; $\omega t = {}^3/_2\pi$ ir t. toliau.

Maksimalį dydį e ženklinsime e_{max} todel:

$$e_{max} = \Phi\pi N 10^{-8} \text{ Voltų.}$$

Lygtis (7) dabar gali būti parašyta taip:

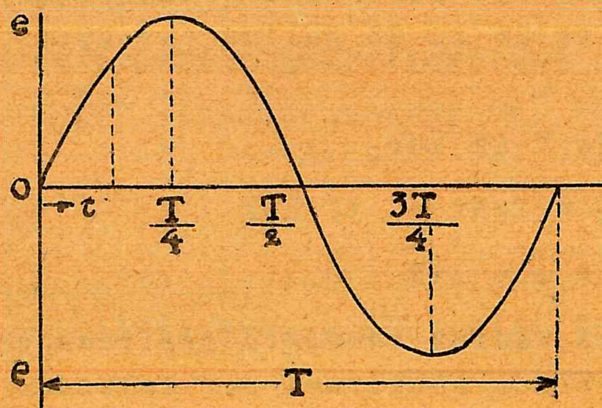
$$e = e_{max}\sin(\omega t) \text{ Voltų.........(8).}$$

Toje lygtyje dydi e reikia suprasti kaipo momentalį dydį įtempimo, praslinkus t sekundoms nuo judėsio pradžios.

Norint vieloje P turėti e.v. jėga, bendrai praktikoje vartojama dažnumo 50 periodų, viela P reikėtų sukti greitumu 3000 apsisukimų į

minutę.

Ar tikrai perkertančio indukcijos linijas laidininko dalyje atsiranda įtempimas, išrodyti negalima, nes kiekvieną kartą, kai mes matuojame įtempimą bet kokioje laidininko dalyje, mes tą laidininko dalį įjungiame į grandinę per aparatą, kuriuo matuojame. Greičiau galima abejoti, jog toks apsireiškimas fiziniai įvyktų, kol grandinė nesujungta. Todel, norint būti visai tikrais, tekt kalbėti apie sudarytą įtempimą tik sujungtoje grandinėje. Toji grandinė gali būti sudaryta ir iš nelaidininkų.



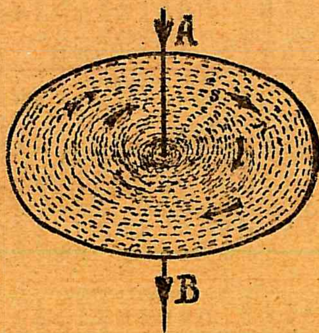
Br.26. Kintamojo įtempimo sinusoida, kaipo laiko funkcija.

Visą viršišdėstytą *apibudinant, reikia pripažinti, kad induktiruotas sujungtame konture įtempimas, vis vien ar tas konturas sudarytas iš laidininkų ar nelaidininkų, yra lygus indukcijos sriauto perveriančio konturą, mainymosi greitumui.*

§ 14. Magnetinis laidininko su srove laukas.

Aplink tiesų laidininką su srove susidaro magnetinis laukas. To lauko linijos turi koncentrinių apskritimų išvaizdas, kurių centrai sutampa su laidininko ašimi.

Jei AB (27 br.) yra tiesus apskritas laidininkas su srove, tai jo lauko linijos atrodo koncentriniais apskritimais (27 br.) Daleidžiama , jog kitos vielos grandinės, į kurią įjungtas laidininkas AB, randasi taip toli, kad jos neturi įtekmės į laidininko AB lauką. Kryptis lauko, sudaryto srovės AB, gali būti surasta magneto rodyklio pagalba, įnešto į tą lauką. Kad suradus to lauko kryptį, reikia *įsivaizdinti save plaukiančiu išilgai laidininko (Ampero taisyklė) srovės kryptimi ir žiūrinčiu į magneto rodyklį, prie to pamatytumėm, jog rodyklio šiaurės polis krypsta kairėn.*

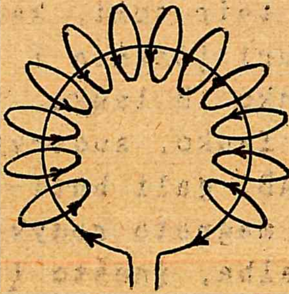


Br.27. Magnetinis tiesaus laidininko su srove laukas.

Kad suradus tiesaus laidininko su srove lauko kryptį, galime vartoti dar sekančią taisyklę: *Jei žiūrėti išilgai laidininko srovės kryptimi, tai liuosas šiaurės polis, įneštas į tą lauką, judėtų laikrodžio rodyklio judėsio kryptimi.*

Jei sulenkti laidininką su srove į apskritimą (padaryti šleifą 28 br.), tai lauko linijos įeina į vijį iš vienos pusės šleifo plokštumos ir išeina iš kitos jo pusės ir tarpusavy susijungia iš oro to šleifo pusės. Tokiu būdu plokščias šleifas atrodo lyg magnetinė ripkelė, kurios šiaurės polį sudaro toji vijo pusė, kurion išeina lauko linijos, o pietų polį - pusė, kurion jos įeina.

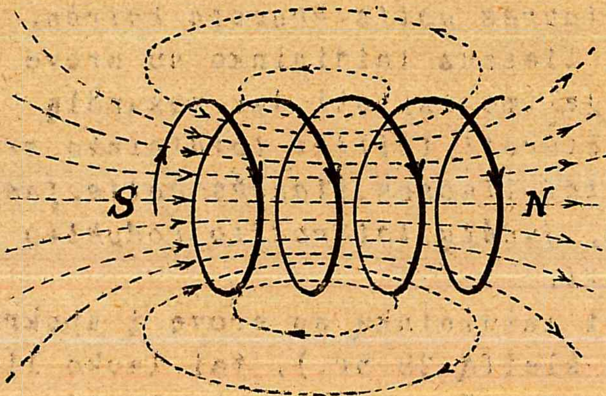
Jei, žiūrint į vijo plokštumą ir srovė tuo viju eina laikrodžio rodyklio judėsio kryptimi, tai prieš save turime pietų polį, o vijo užpakalyje - siaurės polį.



Br.28. Šleifos.

Labai patogi kamščiatraukio taisyklė. *Pastatykime kamščiatraukio aštrumą ant vijo plokštumos ir sukime jo rankeną srovės kryptimi. Tuomet išilgas kamščiatraukio judėsis duos mums lauko kryptį.*

Sujungsime nuosekliai daugelį vijų į vieną špulią (29. br.). Tokioje špulioje, kurios vijais eina nuolatinė srovė, lauko linijos perveria tų vijų plokštumas ir susidaro iš jų ilgos linijos, kaip nurodyta 29 braižinyje. Bendrai imant, tos linijos špulios ašiai lygiagretės. Jos susijungia išejusios iš špulios, nors ne visos pereina išilgai visos špulios.



Br.29. Magnetinis špulios laukas.

Laidininko indukcijos sriauto palaikymui, nereikalinga aikvoti energijos. Reikalinga tiktai, kad visą laiką laidininku eitų elektros srovė. Tiesa, energijos dalis aikvojasi laidininko pasipriešinimo pergalėjimui, bet visa ta energija grį-

žta grandinėn šilimos pavidale. Žodžiu sakant, vieną kartą sudarytas laidininko indukcijos laukas jokios energijos savo užlaikymui nebereikalauja. Tame ir gludi skirtumas tarp magnetinio sriauto grandinės ir grandinės elektros srovės, nes palaikymui paskutinės visą laiką reikia aikvoti energija. *Tačiau magnetinio lauko sudarymui energija aikvoti reikalinga.* Ta paaiškinsime sekančiai. Daleiskime, kad mes turime tam tikro skersinio piuvio ir ilgio špulią, ant kurios užviniota W vijų, kuriais galima paleisti elektros srovę. Daleiskime, kad, einant špnlios apsuka elektros srovei i amperų, vijų plokštumas perveria indukcijos sriautas Φ. Reiškia, špulios apsukos įjungimo į grandinę momente, kuomet srovė špulioje pakyla nuo nulio iki i, indukcijos sriautas, kuris perveria špulios vijų plokštumas, persimaino iš nulio į Φ. Sulig *§ 11* kiekvienas indukcijos sriauto persimainymas špulioje, kuri turi W vijų, iššaukia sudarymą joje priešveikiančios el. v. jėgos, lygios:

$$e = -W\frac{d\phi}{dt}10^{-8} \text{ Voltų.}$$

Kad srovė i ir sriautas Φ galėtų didėti, būtinai reikalinga pergalėti tą priešveikiančią e. v. jėgą, t.y. reikalinga pastatyti prieš ją kitą e.v. jėgą. Todel srovė turės atlikti darbą:

dA = e.i.dt Jouleių . . . .(9).

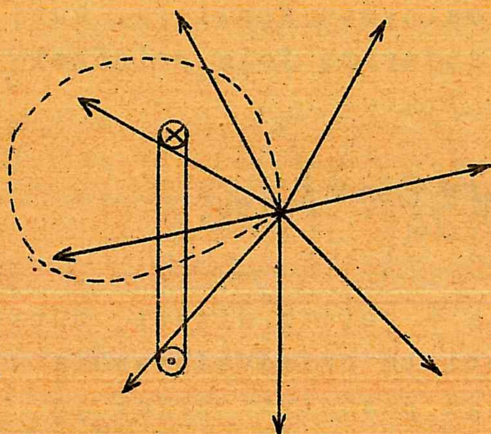
iš kur:

$$dA = \left(-W\frac{d\Phi}{dt}\cdot 10^{-8}\right)(i\cdot dt) = -i\cdot W\cdot d\Phi\cdot 10^{-8} \text{ Jouleių.} \quad (10)$$

Į paskutinę lygtį neįeina dt, kas reiškia, kad indukcijos sriauto persimainymo greitumas neturi įtekmės į energijos kiekį, reikalingą tam tikram indukcijos sriautui sudaryti. Jei i ir Φ turi vienodus ženklus, tai darbą gauname neigiamą, kas reiškia, kad špuliai reikia suteikti energiją iš pašalinio šaltinio, - atvirkščiai špulia atlieka teigiamą darbą.

§ 15. Pervėrimo dėsnis.

Daleiskime, kad (br.30) teigiamo magnetizmo vienetas randasi lauke špulios, sudarytos iš W vijų, kuriais eina srovė. (30-me braižinyje špulia parodyta susidedanti iš vieno vielos vijo). Daleiskime, kad iš viso indukcijos sriauto 4π, kuri tolygiai siunčia erdvėn polio vienetas špulią apsiaučiančią dalį Φ. Apvesime tą polio vienetą bet kokiu keliu aplink špulią (kelias nurodytas taškuota linija), bet taip, kad tas polis pervertų špulios vijų plokštumas, ir grąžinsime tą polio vienetą į pirmutinę jo padėtį.



Br.30. Špulia ir magnetizmo vienetas su nurodytu keliu, kuriuo jis tą špulią perveria.

Kadangi laike polio judėsio apsiaustas špulios vijais indukcijos sriautas Φ mainysis, tai špulioje induktiruosis įtempimas. Daleiskime, kad laike polio judėsio špulios vijais eina pastovi srovė i. Tą mes galetumėm pasiekti tam tikrai mainant elektrinės grandinės pasipriešinimą ir polio judėsio greitumą, arba kitokiu būdu padaryti taip, kad induktiruotas špulioje įtempimas nemainytų srovės dydžio špulioje.

Laike polio judėsio aplink špulios vijus yra toks momentas, kuomet indukcijos sriautas polio per špulios vijų plokštumas pasidaro lygus nuliui, ir paskiaus tas vijų plokštumas iš kitos polio pusės perveria indukcijos sriautas – (4π–Φ).

Špulios atliktas darbas laike to polio judėsio sulig (10) lygties bus:

$$-\int_{\Phi}^{-(4\pi-\Phi)} i.W.d\Phi.10^{-8} = 4\pi.i\,W.10^{-8} \text{ Joule/Weber.}$$

Laike perkelimo viršnurodyto polio mes turėjome pergalėti jėgą, kuria špulios srovė veikia į polį. Jei H_e yra jėgos sudėdamoji bet kokioje polio padėtyje, kryptimi polio judėsio, o dl be galo maža dalelė to kelio, tai visas darbas atliktas laike viršnurodyto polio perkėlimo bus: $\int H_e.dl$. Priimant domėn, kad 1 Ergas = 10^{-7} Jouleių ir kad darbas, atliktas srovės laikotarpyje polio judėsio, turi būti lygus energijai, kuri išaikvota polio perkelimui, tai:

$$\int H_e.dl = 4\pi i W.10^{-1} = 0{,}4\pi\, iW \text{ Ergų/Weberio.}$$

Vadinsime $\int H_e dl$ *linijiniu magnetinio lauko stiprumo integralu, o sandaugą JW* (Ampervijus) apsiaustos srovės *perveriamybe. Reiškia, magnetinio lauko stiprumo linijinis integralas Ergais/Weberio lygus perveriamybei amperais, padaugintais iš* 0,4π.

Polio judėsys srovės sudarytame magnetiniame lauke skiriasi nuo tokio pat judėsio lauke nuolatinio magneto. Judant poliui, nuolatinio magneto lauke darbas, atliktas to lauko, priklauso tik nuo pirmutinės ir paskutinės polio padėties, bet nepriklauso nuo kelio krypties. Tuo tarpu, kai elektros srovės sudarytame lauke tas darbas priklauso ir nuo kelio krypties. Svarbu žinoti, ar polis perkertą vijo plokštumas ir, jeigu taip, tai kiek kartų tas atsitiko laike to polio judėsio.

Kuomet polio judėsio pradžia ir pabaiga sutampa, tai darbas, atliktas elektros srovės sudaryto magnetinio lauko yra tik tuomet lygus nuliui, kuomet judėsio kelias neperkirs srovės vijų plokštumos, t.y. jei perveriamybe sujungtame kelyje bus lygi nuliui. O jei polio judėsio kelias perkirs nešančių srovę vijų plokštumas, tai tas darbas bus lygus 0.4π.i.W ir išsireikš Ergais, jei i išsireiškia amperais. Judant poliui el. srovės sudarytame magnetiniame lauke, mechaninis darbas yra perkeičiamas į elektrinį arba atvirkščiai, kaip tat yra elektrovarykliuose, elektrinis darbas perkeičiamas į mechaninį.

Sulig viršnurodytu $\int H_e . dl$ yra magnetinis įtempimas išilgai viso kelio. Tą įtempimą mes galime sau geriau įsivaizdinti, negu magnetinio lauko įtempimą, apie kurį kalbėjome § 6.

Dabar mums visai aišku, jog magnetinis įtempimas išilgai kokio nors sujungto ilgio kelio, lygus apsiaustoms srovėms amperais (ampervijams) padaugintiems iš $0,4\pi$ ir kad tas įtempimas sudarytas tomis elektros srovėmis.

§ 16. Laidininko su srove ore lauko stiprumas.

Surasime lauko stiprumą H atstume r cm nuo tiesaus labai ilgo apskrito laidininko, kuris randasi ore ir neša nuolatinę elektros srovę i (27 br.). Įvesime į ta lauką magnetizmo vienetą (1 Weberį) ir apvesime jį aplink laidininką apskritimu radiuso r. Kelias, kurį padarys magnetizmo vienetas aplink laidininką, yra lygus $2\pi r$.

Jei lauko stiprumas atstume r nuo laidininko ašies yra H, tai darbas, atliktas apvedant polį tuo keliu, bus: $H.2\pi r$. Iš kitos pusės tas darbas sulig § 15 lygus $0,4\pi.i.W$. Reiškia:

$$H.2\pi r = 0,4\pi.i1,$$

iš kur:

$$H=\frac{0,2i}{r} \text{ dynu/Weberio} \quad (12)$$

Galima išrodyti, kad lauko stiprumas laidininko su srove, kurie turi apskritimo išvaizdą, centre to apskritimo (28 br.) išsireiškia formula:

$$H=\frac{0,2\pi i}{r} \text{ dynų/Weberio} \quad (13)$$

kur r yra apskritimo radiusas, išreikštas centimetrais, o srovė i amperais. Taipogi galima

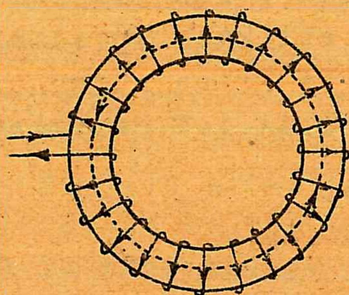
išrodyti, kad lauko stiprumas H viduje labai ilgos ir siauros špulios išsireiškia formula:

$$H=\frac{0{,}4\pi i W}{l}\ \text{dynų/Weberio} \quad (14)$$

kur i išreikštas amperais, o špulios ilgis l centimetrais. Visuose tokios špulios skersinio piūvio taškuose lauko stiprumas vienodas. Tokiu būdu tokioje špulioje gaunamas lygus magnetinis laukas.

§ 17. *Magnetinė grandinė.*

Jei ant špulios, turinčios žiedo išvaizdą (31 br.) tolygiai užvyniota apsuka ir tos špulios viduje randasi geležis, tai visuose taškuose tam tikros indukcijos linijos lauko stiprumas H esti vienodas. Tokios linijos perveriamybę sudaro srovė, kuri eina špulios vijais. Ji yra lygi sandaugai srovės jėgos iš špulios vijų skaičiaus. Tą sandaugą mes vadinsime *sužadinimu* ir ženklinsime raide x.



Br.31. Žiedo išvaizdos špulia.

Tuomet perveriamybės dėsnis (lygtis 11) duoda sekantį lauko stiprumą tos linijos kryptimi:

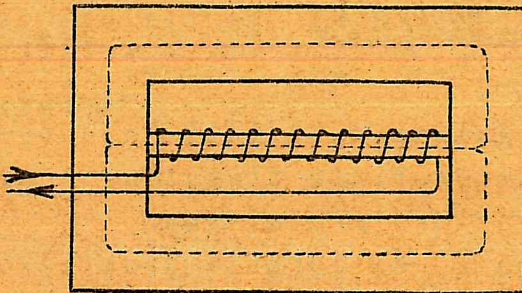
$$Hl=0{,}4\pi . i\, W=0{,}4\pi x \quad \ldots (15)$$

kur l yra tos lauko linijos ilgis; i = srovės jėgos dydis špulios vijuose.

Jei špulia laiba ir turi didelį diametrą, tai skirtumas ilgių l įvairių lauko linijų bus nedidelis ir tuomet lauko stiprumas H visuose taškuose špulios viduje galima skaityti vienodu. Indukcija špulios viduje taipogi bus vienoda, būtent:

$$B = \mu H \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (16)$$

Patyrinėsime dabar špulią (32 br.), kurios srovė magnetizuoja vienodo skersinio piūvio Scm² ir ilgio lcm tiesų geležinį rąstelį. Indukcijos linijų sugrižimui pritaisome tarp to geležinio rąstelio galų storą geležinę galūnę, turinčia vienos arba dviejų pasagų išvaizdą (32 br.). Tokiu būdu indukcijos linijų sugrįžimui bus priruoštas didelio magnetinio pralaidumo kelias. Indukcijos linijos tame rąstelyje turės kryptį lygiagretę jo ašiai ir susijungs per geležines galūnes, kaip tai braiž. 32-me nurodyta taškuota linija. Atsišakos per šonus špulios labai mažai indukcijos linijų, nes jų susijungimui óras sudaro daug didesnį pasipriešinimą, kaip geležis pritaisytų galūnių. Todel indukcija bet kokiame rąstelio skersiniame piūvyje bus vienoda. Reiškia lygtį 15-tą mes galime tiesiog ir indukcijai pritaikinti:



Br.32. Lygus magnetizavimas.

$$B = \mu H = \frac{0{,}4\pi\mu iW}{l} \text{ Gaussų} \quad ..(17)$$

Kaipo perveriamybę privalome paimti sumą visų tų srovių, kurios (32 br.) apsiaučia linijas pravestas punktiru. Reiškia, mes privalome paimti sumą srovių, kurios eina špulia.

Kadangi toji srovių suma sudaro špulios ampervijų skaičių arba, kitaip sakant, *jos sužadinimą*, tai iš to galime padaryti išvadą, jog bus vis viena, ar špulios *vijus apvynioti tolygiai ant širdeso ar juos sutraukti į vieną vietą*.

Padauginę abi 17 lygties dali iš skersinio špulios piūvio ploto S cm^2 gausime vadinamą Ohmo formulą magnetinei grandinei analoginę elektrinės grandinės Ohmo dėsnio formulai:

$$\Phi = B.S = \frac{0{,}4\pi i.W.\mu S}{l} \quad \ldots \ldots (17')$$

kurioje dydi 0,4πiW galime pavadinti *magnetovarančia jėga, arba magnetiniu įtempimu*, o *dydi $\frac{\mu S}{l}$ magnetinės grandinės pralaidumu*.

Deliai nepastovumo μ, ši formula praktiškos vertės neturi.

Ohmo dėsnio formulai indukcijos sriauto grandinej duosime truputi kitokią išvaizdą.

Jei mes abi dali lygties B = μH, rodančios santykį tarp lauko stiprumo ir indukcijos, padauginsime iš skersinio piūvio špulios ploto S, o antrą tos lygties dalį padauginsime ir išdalinsime dar iš 0,4π ir l, tuomet taipogi gausime reiškinį indukcijos sriauto per plokštumą S. Atlikę viršnurodytą, gauname:

$$\Phi = B.S = \frac{H.l}{0{,}4\pi} \cdot \frac{0{,}4\pi \mu S}{l} \quad . . . . (18)$$

Jei magnetinis laukas lygus ir jo indukcija yra B, tai BS yra indukcijos sriautas Φ per tą plokštumą.

Kaip seka iš 11 lygties 15-to §, reiškinys $\frac{Hl}{0{,}4\pi}$ sudaro dydį proporcingą *magnetiniam įtempimui* tarp galų ilgio l, nes lygiame magnetiniame lauke H.l = 0,4π.iW Ergų/Weberio. Gi reiškinys $\frac{0{,}4\pi\mu S}{l}$ yra dydis proporcingas magnetinės grandinės pralaidumui.

Kadangi $\frac{Hl}{0{,}4\pi} = iW = X$ ir X mes pavadinome *sužadinimu*, kursai, kaip matome, 0,4π kartų mažesnis už magnetinį įtempimą, kitaip sakant, $X = \frac{1}{0{,}4\pi} = 0{,}8$ magnetinio įtempimo, o dydis $\frac{0{,}4\pi\mu S}{l}$ yra 0,4π kartų didesnis už magnetinis grandinės pralaidumą, tai daleidę $\frac{0{,}4\pi\mu S}{l} = \mathcal{M}$ Ohmo dėsnio formula magnetinei grandinei priims išvaizdą:

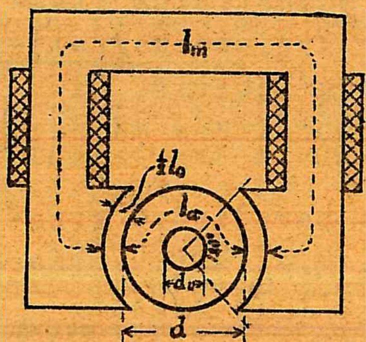
$$\Phi = X.\mathcal{M} \quad \text{Maxwellių} \; . \; . \quad (19)$$

Praktikoje magnetinės grandinės apskaitliavimai vedami 19-tąja formula, vadinamu Hopkinsono metodu, kuris pasižymi tuo, kad toji formula pritaikinama atskiroms magnetinės grandinės dalims.

Pavyzdžiui, reikalinga surasti dinamo mašinos sužadinimas (kiekį ampervijų induktorių), jei žinomos išmieros ir medžiaga induktorių, tarpgeležinės erdvės ir inkaro ir *žinomas dar reikalingas indukcijos sriautas armatūroje?*

Daleiskime, kad duota (br.33): magnetines

induktorių grandinės ilgis l_m cm, armaturos magnetinės grandinės ilgis l_a cm, abiejų tarpgeležinių erdvių ilgis l_o cm, skersiniai tų dalių mašinos piūviai S_m, S_a ir S_o. Induktorių medžiaga - spižius, armaturos - minkštos geležies lapai. Reikalinga turėti indukcijos sriautą armaturoje Φ_a Maxwellių. Surasti, kokį sužadinimą reikalinga duoti induktoriams, kad armaturoje būtų indukcijos sriautas Φ_a Maxwellių.



Br.33. Dinamo mašinos magnetinė grandinė.

Daleiskime, kad visose tos magnetinės grandinės dalyse turėsime lygų magnetinį lauką, t. y. jei pav. kokiame nors induktorių taške indukcija bus lygi B, tai ta pati indukcija bus ir visuose kituose induktoriu taškuose. Armaturoje ir tarpgeležinėje erdvėje indukcija savo dydžiu gali skirtis nuo indukcijos magnetuose, bet laukai tose dalyse taipogi lygus.

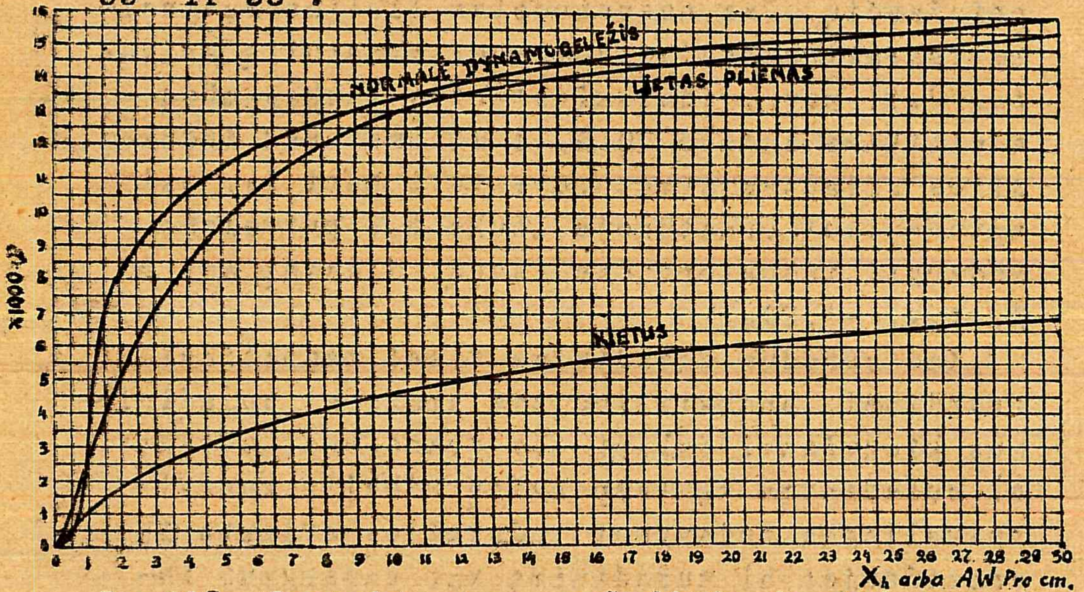
Idealių magnetinių grandinių, t.y. tokių, kuriose visos indukcijos linijos, tam tikros špulios sudarytos, eitų ta kryptimi, kuria norima, praktika beveik nežino. Vartojamose praktikoje magnetinėse grandinėse (dinamo mašinose) visumet tam tikros špulios sudarytų indukcijos linijų dalis nepasiekia tos vietos, kur norėtusi, pav., dinamomašinos ammatūros, bet susijungia kitokiu keliu, kaip tai oru, mašinos korpusu į t.p. būdu. Kiekis indukcijos linijų, kurios neina priruoštu joms mag-

netinės grandinės keliu, vadinasi magnetiniais tos grandinės nuostoliais. Taip pav.dinamomašinoje iš visų indukcijos linijų, sudarytų induktoriais, tik apie 50-90 % pasiekia armatūrą, o 50-10 % iš jų susijungia aplenkdamos armatūrą. Tų nuostolių dydis priklauso nuo induktorių ir polių galūnių formos ir kitų priežasčių. Tas nesunaudotas linijas vadinsime *išsiskirstančiu lauku bei nuostolių srautu*. Jei, pav., išsiskirstantis laukas mūsų atsitikime sudaro 20 %, o žinome, kad indukcijos sriautas armaturoje turi būti Φ_a, tai apturėjimui armatūroje lauko Φ_a, privalome sudaryti induktoriuose lauką, didesnį ant 20 %, t.y. $-1,2\Phi_a$.

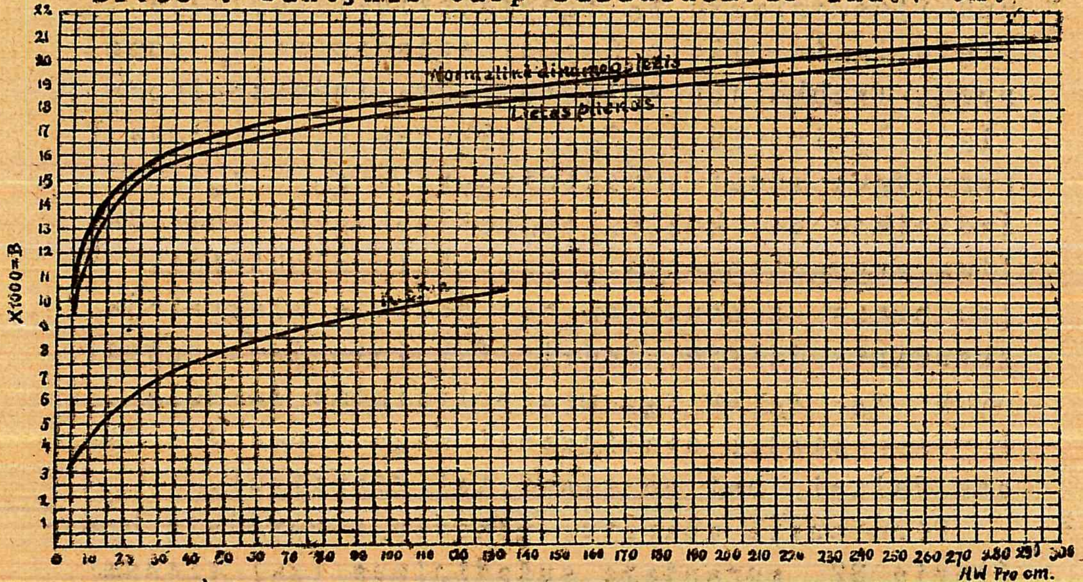
Kad suradus sužadinimą visai magnetinei grandinei, apskaitliuojama atskirai sužadinimus kiekvienai daliai tos grandinės, būtent: a) sužadinima x_a (ampervijų kiekį), kursai reikalingas sudarymui indukcijos sriauto Φ_a armatūroje; b) sužadinimą x_o, sudarymui indukcijos sriauto Φ_o tarpgeležinėje erdvėje ilgio l_o ir piūvio S_o; c) sužadinimą x_m sudarymui indukcijos sriauto $1,2\Phi_a$ induktoriuose ilgio l_m ir piūvio S_m. Ieškomas sužadinimas x bus lygus sumai sužadinimų $x_a + x_o - x_m$. Sužadinimas bet kokios magnetinės grandinės dalies suprantamas taip pat, kaip elektrinis įtempimas, sunaudotas bet kokioje elektrinės grandinės dalyje. Todėl išskaičiuojant sužadinimus x_a, x_o ir x_m, mes pritaikome formulą $\Phi = X.M$ tiktai atatinkamai magnetines grandines daliai, bet ne visai tai grandinei.

Pirmiausia aparatu, panašiu į nurodytą brėžinyje 32, surandama sužadinimus (x_h) vienam

centimetrui ilgio toms medžiagoms, iš kurių padaryta magnetinė grandinė. Tų tyrinejimų rezultatus atvaizduoja stačiakampese kordinatose, atidedant ant abscisų ašies sužadinimus (x_h) vienam centimetrui ilgio, o ant ordinatų ašies atatinkamas indukcijas B. Tokiu budu gaunamos kreivos, atvaizduotos braižiniuose 33^a ir 33^b.



Br. 33^a. Santykis tarp sužadinim. ir ind. 1 cm.



Br. 33^b. Santykis tarp sužad. ir ind. 1 cm ilgio.

Turint tokias kreivas, rodančias santykį tarp sužadinimo vienam centimetrui ilgio ir indukcijos B, sužadinimas x_a daliai grandinės l_a cm ilgio ir kitoms grandinės dalims surandamas sekančiai: Kiekvienoje grandinės dalyje išskaičiuojama indukcija B. Iš kreivų (br.33[ab]) imamas sužadinimas x_h, atatinkąs tai indukcijai, ir dauginamas iš ilgio l_a tos grandinės dalies. Tokiu būdu gaunamas sužadinimas tai grandinės daliai.

Grandinės dalims, kurių medžiaga yra oras (dinamomašinų tarpgeležinės erdvės) sužadinimas x_o surandamas iš formulos:

$$X = 0{,}8H_{lo}.lo = 0{,}8B_{lo}.lo,$$

kur H_{lo} ir B_{lo} yra lauko stiprumas ir indukcija, nes, kaip žinome, lauko stiprumas H ir indukcija B ore išsireiškia vienodais skaičiais.

Sekantį magnetinės grandinės apskaitliavimo pavyzdį su skaičiais imame iš Thomäleno. Daleiskime, kad (33 br.) inkaro diametras d = = 20 cm, veleno diametras dv = 3 cm, inkaro ilgis b = 20 cm, dvigubas tarpgeležinės erdvės ilgis l_o = 0,8 cm; induktorių ilgis l_m = = 110 cm, induktorių skersinis piūvis S_m = 400 cm.

Daleiskime, kad geležiniai inkaro lapai perdalyti popieriu, kuris sumažina inkaro piūvį 15 %, kad polio laukas lygus 120°, ir kad išsiskirstantis laukas sudaro 20 % inkaro lauko. Daleiskime dar, kad ieškomas magnetinės grandinės sužadinimas x, atatinkąs indukcijos sriautui inkare Φ_a = 2,5.10^6 Maxwellių.

Inkaro piūvis iš priežasties popierio lapų mažėja 15 %, todel $S_a = b(d-dv).0,85 = 290\ cm^2$. Magnetinės grandinės ilgį inkare priimsime lygiu inkaro diametrui. Reiškia, $l_a = 20$ cm. Tokiu būdu indukcija inkare bus:

$$B_a = 2,5.10^6 : 290 = 8600 \text{ Gaussų.}$$

Prie tos indukcijos, sulig kreivąja (br. 33[a]), inkaro geležies lapuose sužadinimas $x_h = 2$ ampervijams/cm. Todel visam inkaro ilgiui reikalingas sužadinimas bus:

$$x_a = x_h x l_a = 2.20 = 40 \text{ ampervijams.}$$

Tarpgeležinės erdvės piūvis prie polio lanko 120° bus:

$$S_o = (d.\pi.b.120):360 = 420\ cm^2.$$

Tuomet tarpgeležinėje erdvėje indukcija bus:

$$B_o = \Phi_o : S_o = (2,5.10^6):420 = 5960 \text{ Gaussų,}$$

o visam tarpgeležinės erdvės ilgiui sužadinimas bus:

$$X_o = 0,8.B_o.l_o = 0,8.5960.0,8 = 3820 \text{ Ampervijų.}$$

Kadangi magnetuose indukcijos sriautas 20% didesnis negu inkare, tai:

$$\Phi_m = 1,2.2,5.10^6 = 3.10^6 \text{ Maxwellių}$$

ir indukcija magnetuose

$$B_m = \Phi_m : S_m = 3.10^6 : 400 = 7500 \text{ Gaussų.}$$

Ketaus kreiva (br.33^b) prie indukcijos 7500 duoda vienam centimetrui ilgio sužadinimą $x_h =$ $= 40$ ampervijų. Todel visam magnetų ilgiui sužadinimas bus:

$$x_m = x_h . l_m = 40.110 = 4400 \text{ Ampervijų.}$$

Visos magnetinės grandinės sužadinimas bus:

$$X = x_a + x_o + x_m = 40+3820+4400 = 8260 \text{ Ampervijų.}$$

Tą sužadinimą mes galime gauti arba uždėję ant induktorių daug vijų ir leidžiant per juos mažą srovę, arba prie mažo vijų skaičiaus paleisti jais stipria srovę. Kiekviename atsitikime sandauga iš elektros srovės dydžio ir vijų skaičiaus turi būti lygi *8260*.

Žinant sužadinimą oro protarpjuose, formą ir visas išmieras magnetinės grandinės, išsiskirstantis laukas gali būti irgi išskaičiuotas, jei paimtam magnetinės grandinės kontorui iš praktikos magnetiniai nuostoliai nežinomi. Ta skaiciuotė vedama sekančiai:

Pritaikinant formulą $M = \frac{0.4\pi MS}{l}$, surandamas pralaidumas M to išsiskirstančio lauko, vadovaujantis forma ir išmieromis induktorių polių galunių ir pačių induktorių. O kuomet to lauko pralaidumas bus surastas, tai pats išsiskirstantis sriautas surandamas iš formulos: $\Phi = X.M$, kuriai bus jau žinomi x ir M.

Išskaičiavus tokiu būdu išsiskirstančio

lauko sriautą, sumuojama jį su sriautu armatūroje ir gautoji suma priimama už indukcijos sriautą Φ_m magnetuose.

Sužadinimai x_h vienam centimetrui ilgio nurodytojo braižinyje 32-me aparato pagalba surandami sekančiai:

Ant tyrinėjamo geležies rąstelio, įtaisyto aparate 32 br. uždėtos dvi apsukos. Viena jų trumpai sujungta per galvanometrą, kuriuo matuojamas momentalis srovės padidėjimas toje apsukoje. Tas srovės pašokimas duoda indukciją B. Kita iš tų špulių sujungta su generatoriu, nuo kurio leidžiama tąja špulia tam tikro dydžio srovė. Žinant toje antroje špulioje srovės dydį ir tos špulios vijų skaičių, kaipo sandaugą tų dviejų dydžių, gauna sužadinimą x. Padalinus tokiu būdu gautą skaičių iš rąstelio ilgio 1 centimetrų, gauna vienam centimetrui ilgio sužadinimą x_h.

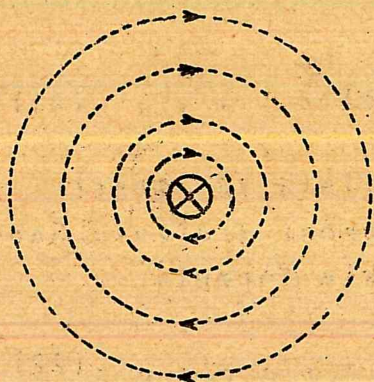
§ 18. Savoindukcija.

Jei laikotarpyje dt srovė laidininke mainosi, ant di, tai aplink laidininką indukcijos sriautas mainosi ant $d\Phi$. Didėjant srovei laidininke, iš jo skrituliais išeina naujos indukcijos linijos, o mažėjant jame srovei, dalis indukcijos linijų grįžta į laidininką. Abiejuose atsitikimuose laidininkas perkerta indukcijos linijas. Sulig indukcijos dėsnio laidininke induktiruojasi e.v. jėga kiekvieną kartą, kai jis perkerta indukcijos linijas. Kadangi čia mes turime reikalą su e.v. jėga, kuri induktiruojasi tame pačiame laidininke, kuriuo eina srovė, tai toji e.v. jėga vadinasi *savoindukcijos e.v. jėga*. Ją ženklinsime

raide e_s. Jos dydis išsireikš pagrindine Faradayjo indukcijos dėsnio formula:

$$e_s = -\frac{d\Phi}{dt}.10^{-8} \text{ Voltų. . . . . . .(20)}$$

Jos kryptį galima surasti dešinės rankos dėsniu. Daleiskime, kad srovė eina į užpakalį popierio plokštumos (br.34). Tuomet indukcijos linijos kryptis aplink laidininką sutaps su laikrodžio rodyklio judėsio kryptimi. Jei srovė padidės, tai iš laidininko išeis naujį skrituliai indukcijos linijų. Reiškia, kairiojoj laidininko pusėje (br.34) indukcijos linijos judės iš dešinės į kairę. Todel reliatyvus laidininko judėsys bus iš kairės į dešinę. Pastatysime dešinę ranką taip, kad indukcijos linijos įeitų į delną, o nykštis rodytų laidininko judėsio kryptį, t.y. dešinėn pusėn. Aišku, jog turime dešinę ranką pastatyti taip, kad jos pirštų galai rodytų iš užpakalio popierio plokštumos į skaitytoją. Tai ir bus induktiruotos e.v. jėgos kryptis. Reiškia, priešinga elektros srovės krypčiai laidininke. Analoginiu būdu galima surasti, kad elektros srovei laidininke mažejant, jame induktiruosis e.v. jėga tos pat krypties, kaip ir elektros srovė.



Br.34. Tiesaus laidininko su srove indukcijos linijos.

Mes matome, kad savoindukcijos e.v. jėga

priešinasi permainymui, kaip elektros srovės, taip ir sriauto dydžio. Todel dešiniojoj pusėj 20-tos lygties stovi ženklas minus.

Savoindukcijos e.v. jėga vijyje su srove susidaro kiekvieną kartą, kai einanti juo srovė ir perkertantis vijo plokštumą indukcijos sriautas mainosi. Tos e.v. jėgos kryptis gali būti surasta Maxwellio dėsniu. (§ 12).

Špulioje, turinčioje W vijų, sriauto persimainymas ant dΦ induktiruoja e.v. jėgą, kuri lygi savoindukcijos e.v. jėgų sumai, induktiruotų visuose vijuose, t.y.:

$$e_s = -W\frac{d\Phi}{dt} . 10^{-8} \text{ Voltų} \quad . . . . . (21)$$

Savoindukcijos e.v. jėga priimta išreikšti elektros srovės dydžio mainymosi greitumu. Santykis tarp e_s ir i išsireiškia formula:

$$e_s = -L\frac{di}{dt} \text{ Voltų} \quad . . . . (22)$$

Išrodysime tos formulos teisingumą. Daleiskime, kad turime magnetinę grandinę, kurią sudaro špulia, susidedanti iš W vijų ir prie to visas tos špulios vijų plokštumas perkerta vienas ir tas pat indukcijos sriautas Φ. Daleidžiame dar, kad tos magnetinės grandinės pralaidumas $M = \frac{0{,}4\pi\mu S}{l}$ pastovus. Tat gali būti tuomet, kai magnetinę grandinę sudaro oras, o jei ji sudaryta iš geležies, tai prie labai silpno įmagnetinimo ir dar tuomet, kai magnetinė grandinė susideda iš nuosekliai sujungtų oro ir geležies dalių; prie to pasipriešinimas oro dalies magnetinės grandinės žymiai didesnis už pasipriešinimą grandinės dalies,

sudarytos iš geležies.

Jei tokioje špulioje laikotarpy dt elektros srovė padidėtų ant di, tai indukcijos sriautas, perveriąs tos špulios vijus, padidėtų ant dΦ:

$$d\Phi = W.di.M, \text{ kur } M = \frac{0{,}4\pi \mu S}{l}$$

Tas sriauto padidėjimas sudarys špulioje įtempimą:

$$e_s = -W\frac{d\Phi}{dt}.10^{-8} \text{voltų} = -W\frac{W di M}{dt}.10^{-8} = -W^2 M.10^{-8}.\frac{di}{dt} \text{voltų}.$$

Dydį $W^2.M.10^{-8}$ ženklinsime raide L ir vadinsime *špulios induktiviškumu* arba *savoindukcijos koeficientu.* Tokiu būdu gauname lygtį:

$$e_s = -L\frac{di}{dt} \text{ voltų} \quad \ldots\ldots\ldots (23)$$

Už induktiviškumo vienetą priimtas induktiviškumas tokios špulios, kurioje induktiruojasi įtempimas, lygus vienam voltui, jei, einant ta špulia, srovė laikotarpy vienos sekundos mainosi ant vieno ampero. Toks induktiviškumo vienetas vadinasi *1 Henry.* Vienas Henry lygus 10^9 apsoliutinių induktiviškumo vienetų, t.y. 10^9 cm.

Kaip matome iš formulos $L = W^2M.10^{-8}$, induktiviškumas priklauso tiktai nuo špulios ypatybių ir prie to jo dydis proporcingas vijų skaičiaus kvadratui.

Į induktiviškumą L galima žiūrėti ir sekančiai:

Špulios induktiviškumas, išreikštas Henry, lygus sriauto perveriamybei WΦ prie srovės

vienas Amperas, padaugintai iš 10^{-8}. Tikrai, Ohmo dėsnis magnetinėje grandinėje išsireiškia:

$$\Phi = iW.M, \text{ is kur } M = \frac{\Phi}{iW} \quad \ldots\ldots (24)$$

Kadangi $L = W^2M.10^{-8}$, tai pastatę į tą formulą vietoje M jo reiškinį iš formulos (24), gauname:

$$L = 10^{-8}.W^2.\frac{\Phi}{iW} = 10^{-8}.\frac{W\Phi}{i} \text{ Henry } . \ (25)$$

Iš viršnurodyto seka, kad induktiviškumas špulios su geležiniu širdesu viduje, kaip tat nurodyta braižiniuose 31 ir 32, prie širdeso ilgio l cm ir jos skersinio piūvio S cm^2 išsireikš formula:

$$L = W^2M.10^{-8} = \frac{W^2.0{,}4\pi\mu S}{l}.10^{-8} \text{ Henry } (26).$$

Jei, pav., špulios piūvis S = 10 cm^2, širdeso ilgis l = 100 cm, vijų skaičius w = 100 ir lyginamasai geležies pralaidumas μ = 4000, tai iš 26-os lygties gausime:

$$L = \frac{100^2.0{,}4.\ 3{,}14.\ 4000.\ 10}{100}.10^{-8} = 0{,}05 \text{ Henry}.$$

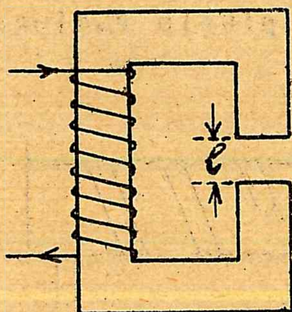
Jei geležinis špulios širdesas, kaip tat nurodyta 35-me braižinyje, turi oro protarpį, tai magnetinis geležies pasipriešinimas sulyginamai su oro protarpio pasipriešinimu bus labai mažas, todel su juo galima nesiskaityti.

Tuomet 26-je lygtyje μ bus lygus vienetui ir išskaičiuojant sulig ta formula savoindukcijos koeficientą tokios špulios, galima pri-

imti domèn tiktai oro protarpio išmieras.

Išskaičiuosime dabar induktivišumą šleifo, kurį sudaro du ilgi apskritūs laidininkai, kiekvienas piūvyje radiuso r cm, ir kurių atstumas nuo vienas kito lygus d cm^2.

Pirm negu padarius tą išskaičiavimą surašime indukcijos sriautą, kuri sudaro labai ilgas apskritas laidininkas su srove i (br.36). Išdalinsime lauką tokio laidininko su srove į cilindrinius vamzdžius taip, kad tų cilinderių ašis sutaptų su laidininko ašimi.



Br.35. Špulia, kurios geležinis širdesas turi oro protarpį.

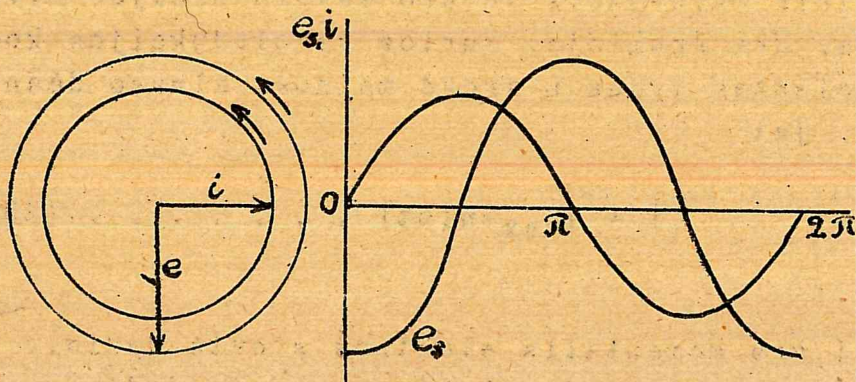
Daleiskime, kad r_1 yra vidujinis, o r_2 išorinis radiusas vieno tokio tūščiu viduriu cilindrinio vamzdžio, o l yra laidininko ilgis. Kadangi indukcija ir lauko stiprumas ore vienodi, tai indukcijos sriautas per be galo siaurą plokštumėlę l.dr bus: H.l.dr.

Turint omenyje, kad lauko stiprumas atstume r nuo tiesaus laidininko išsireiškia formula: $H = 0,2i:r$, prasumuosime elementarius sriautus H.l.dr nuo r_1 iki r_2. Tuomet gauname:

$$\Phi = \int_{r_1}^{r_2} H.l.dr = \int_{r_1}^{r_2} \frac{0,2i}{r}.l.dr = 0,2i.l.\lg n \frac{r_2}{r_1} \quad \ldots\ldots (27)$$

Dabar grįžtame prie savoindukcijos koeficiento išskaičiavimo viršnurodyto šleifo. Priimkime dar, kad to šleifo ilgumas į vieną galą sudaro 1 kmtr = 1.10^5 cm. Jeigu vieno tiesaus

Reiškinys $L\omega = L.2\pi N$ turi tokias pat išmieras, kaip ohminis pasipriešinimas elektrinėje grandinėje ir *vadinasi induktyviniu arba aklu pasipriešinimu.* (Reaktantz oder induktiver Widerstand). Išbrėšime elektros srovės ir savoindukcijos el.v. jėgos momentalius dydžius stačiakampėse kordinatose. Gausime braižinį Nr. 38. Elektros srovė i mainosi sinusoidaliai ir momente t = 0 yra lygi nuliui. Savoindukcijos e.v. jėga e_s mainosi cosinusoidaliai ir momente t = 0 yra lygi neigiamam maksimumui. Reiškia, kreiva e_s prasideda nuo savo žemiausiojo neigiamojo taško. Kadangi $\cos(\omega t) = -\mathrm{sn}(\omega t - \frac{\pi}{2})$, tai kreiva e_s yra tai-



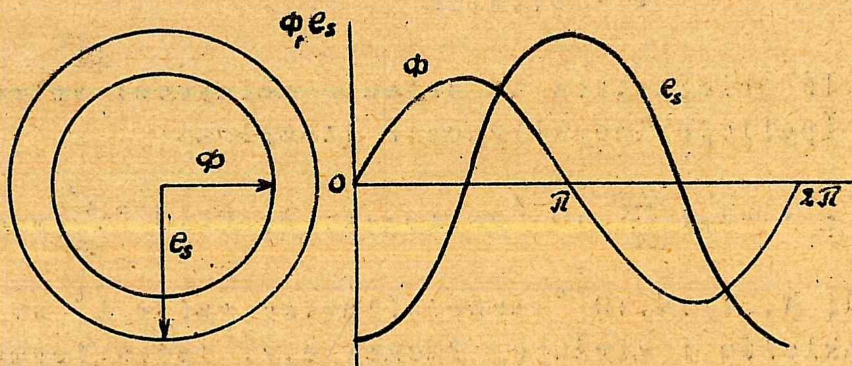
Br.38. Sinusoidalė kintamoji srovė ir savoindukcijos e.v. jėga.

pogi sinusoidalė, bet, kaip sakoma, atsilikusi nuo srovės kreivosios i ant ketvirtadalio periodo, arba ant $\frac{\pi}{2}$, arba ant 90°. *Dabar išreikšime savoindukcijos e. v. jėgą, kaipo priklausančią nuo keitimosi indukcijos sriauto.* Jei sriautas, kursai perveria špulios vijų plokštumas, mainosi sinuso dėsniu, t.y. jei: $\Phi = \Phi_{max}\mathrm{sn}(\omega t)$, tai špulios vijuose indukti-

ruojasi savoindukcijos e.v. jėga, kurios dydis išsireiškia formula:

$$e_s = -W\frac{d\Phi}{dt}10^{-8}\ \text{voltų} = -W.\Phi_{max}\omega\cos(\omega t)10^{-8}\ \text{voltų}\quad(31)$$

Prigulmybės e_s nuo Φ diagrama (br.39) yra visai analoginė diagramai br.38-to. Savoindukcijos e.v. jėga liekasi kampu 90° nuo sriauto



Br.39. Kintamasis magn. laukas ir savoindukcijos e.v. jėga.

taip pat, kaip ir nuo srovės.

§ 20. Tarpusavė indukcija.

Špulioje induktiruosis įtempimas, jei greta su ja stovinčioje kitoje špulioje srovė maino savo dydį. Daleiskime, kad mes turime 2 špulias. Srovė, einanti pirmos špulios vijais sudaro magnetinį lauką, kurio indukcijos linijų dalis perkerta ir antrosios špulios vijų plokštumas. Jei pirmoje špulioje srovė maino savo dydį, tai analoginiai mainosi ir tos srovės sudarytas indukcijos sriautas. Reiškia, mainosi ir indukcijos sriautas, kuris perkerta antrosios špulios vijų plokštumas. Todel

antroje špulioje induktiruosis e.v. jėga.

Jei pirmosios špulios vijų skaičius W_1, antrosios W_2, grandinės dalies indukcijos sriauto, sudaryto pirmąja špulia ir perkertančio antrąją špulią pralaidumas M, momentalis elektros srovės dydis pirmoje špulioje i_1, tai Ohmo dėsnis tai magnetinės grandinės daliai išsireikš formula:

$$\Phi = i_1 . W_1 . M$$

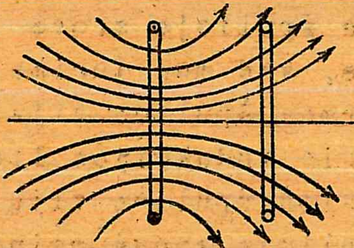
Iš priežasties to sriauto mainymosi antroje špulioje induktiruosis įtempimas:

$$e_{(1,2)} = -W_2 . \frac{d\Phi}{dt} . 10^{-8} \text{voltu} = -W_1 . W_2 . M . 10^{-8} . \frac{di}{dt} \text{voltų}$$

Dydį $W_1 . W_2 . M . 10^{-8}$ paženklinsime raide L^t su ženkleliu t viršuje. Tuomet e.v. jėgos formula antroje špulioje išsireikš:

$$e_{(1,2)} = -L^t \frac{di}{dt} \text{ voltų} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (34)$$

ur $L^t = W_1 . W_2 M . 10^{-8}$. Dydį L^t vadinsime špuių *tarpusaviu induktiviškumu* arba *tarpusavės indukcijos koeficientu.*



Br.40. Dviejų špulių tarpusavė indukcija.

Tarpusavės indukcijos koeficientas nepersimainys, jei špulios permainytų savo roles. Todel tarpusavės indukcijos e.v. jėga pirmoje špulioje bus: $e_{(2,1)} = -L^t . \frac{di}{dt}$ voltų.

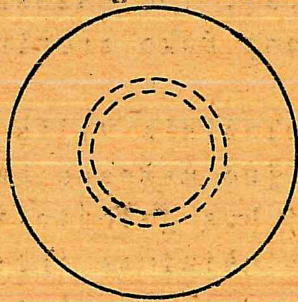
Tarpusavės indukcijos e.v. jegos kryptis sutampa su savoindukcijos

e.v. jėgos kryptimi.

Ne tiktai srovei mainant savo dydį vienoje špulioje, antroje špulioje atsiranda tarpusavės indukcijos įtempimas; įtempimas tas gali atsirasti antroje špulioje del vienos tų špulių judėsio priežasties. Tarpusavės indukcijos įtempimo atsiradimui reikalinga, kad antroje špulioje mainytusi indukcijos sriautas, kursai perkerta tos špulios vijų plokštumas.

§ 21. Vėsulo srovės arba Fuko srovės.

Jei špulioje, kurios viduje randasi geležinis širdesas, del bet kokios priežasties mainosi indukcijos sriautas, kursai perkerta tos špulios vijų plokštumas, tai geležiniame špulios širdese induktiruojasi e.v. jėga, kuri turi tą pat kryptį, kaip ir e.v. jėga, kuri induktiruojasi špulios apsukoje. Dydis jos bet kokiame įsivaizdintame išpiautu iš geležinio špulios širdeso cilinderyje (žk. br.41, kuriame dydysis skritulis sudaro skersinį geležinio špulios širdeso piūvį, o žiedas tarp dviejų taškuotų apskritimų - skersinį piūvį cilinderio, kurį mes sau įsivaizdiname išpiautu iš geležinio špulios širdeso) yra proporcingas greitumui persimainymo indukcijos sriauto, kursai perveria skersinį to cilinderio piūvį. Reiškia, tos e.v. jėgos dydis ir kryptis surandama bendru Faradayo indukcijos dėsniu.



Br.41. Skersinis špulios širdeso piūvis su įsivaizdintu išpiautu cilinderiu, kurio ašis sutampa su širdeso ašimi.

Atsiradus širdeso korpuse tai e.v. jėgai, jame

atsiranda ir atatinkama elektros srovė. Kadangi širdeso kūne galima įsivaizdinti daugelį tokių el. srovės apvalių grandinių, tai tas sroves vadina *vėsulo bei Fuko srovėmis*. Iš priežasties vėsulo srovių širdese išsiskiria Jouleio šilima, t.y. tos srovės šildo špulios širdesą taip pat, kaip paprastoji el. srovė šildo laidininką, kuriuo ji cirkuliuoja. Reiškia, špulios širdeso šildymui, aikvojama elektrinė energija.

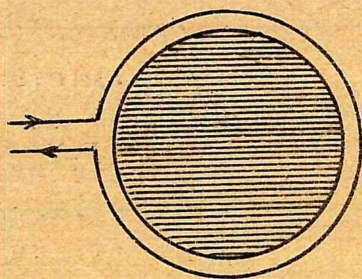
Toji energija turi būti papildyta elektros srove, kuri leidžiama magnetinio lauko sudarymui. Kad sumažinti energijos kiekį, kursai aikvojasi širdeso šildymui, stengiamasi kaip galima sumažinti vėsulo srovių dydį. Tat pasiekiama darant širdesą ne iš masyvios geležies gabalo, bet gaminant jį iš plonų geležinių lapų, izoliuotų viens nuo kito. Indukcijos linijų kryptimi paliekamas be pertraukos geležinis kelias, o plokštumoje, statmenoje lauko krypčiai, kelias elektros srovei perkertamas, įdedant tarp geležinių lapų izoliuojančius sluoksnius iš popierio arba tam tikro liako. Piūvis tokio širdeso su vienu apsukos viju nurodytas 42-me braižinyje.

Kuo plonesni geležiniai lapai, juo mažesni gaunami energijos nuostoliai ant Fuko srovių, ir štai del ko:

Pirma kuo siauresnis bus geležinis vijis (įsivaizdintas viename lape), juo mažesnė bus e.v. jėga; antra, kuo plonesni bus geležiniai lapai, juo didesnis bus pasipriešinimas srovėms, kurios atsiranda tame lape. Bendrai ant vėsulo srovių nuostoliai *proporcingi vėsulo srovių grandinėse sudaryto įtempimo kvadratui*,

periodų skaičiaus kvadratui ir indukcijos kvadratui.

Visiems aparatams ir mašinoms, kuriuose ve veikia kintamoji srovė vartojama širdesus, sudarytus iš plonų geležinių lapų storumo nuo 0,3 mm iki 0,5 mm. Prie to abu greta stovinčiu lapu izoliuojama nuo viens kito popierio lapais arba liako sluoksniu. Fuko srovių nuostoliai geležyje lapais 0,5 mm storumo dinamo mašinose prie 50 periodų sudaro apie 1,3 watto vienam kilogramui svorio.



Br.42. Sudaryto iš geležinių lapų širdeso piūvis.

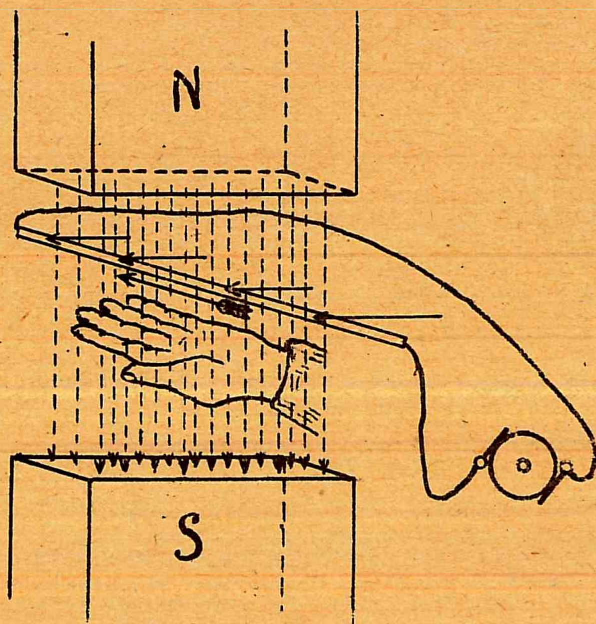
Transformatoriuose, dar didesniam tų nuostolių sumažinimui, vartojama geležis, sulydyta su kitomis medžiagomis, kurios padidina tokio lydinio ohminį pasipriešinimą. Dažniausiai vartojami lydiniai su siliciju. Tokią geležį vadinama legiruota (legierte Bleche). Fuko srovių nuostoliai legiruotoje geležyje lapais prie 50 periodų sudaro apie 0,4 watto vienam kilogramui.

§ 22. Laidininkas su srove magnetiniame lauke.

Jeigu lygiame magnetiniame lauke, statmenai indukcijos linijų krypčiai pastatysime tiesų laidininką su srove, tai tas laidininkas pradės judėti kryptimi, statmena indukcijos linijų krypčiai. Judėsio priežastį galima sau lengvai įsivaizdinti iš jėgų linijų for-

mos (čia vartosime terminą „jėgos linija" vietoje „indukcijos linija", nes čia kalbama apie lauko jėgų veikimus).

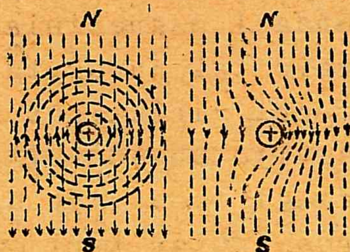
Braižinyje Nr. 44 linijos, einančios nuo N iki S žymi jėgų linijas, nejudančio lygaus magnetinio lauko. Laidininkas, pažymėtas skrituliuku su kryžiuku vaizduoja laidininką, kuriuo srovė eina į užpakalį popierio plokštumos. Tos srovės sudarytos jėgų linijes turi laikrodžio rodyklio kryptį. Į kairę nuo laidininko tų jėgų linijų kryptis priešinga lauko krypčiai, todel jos mažina lauką toje vietoje. Į dešinę nuo laidininko jos turi kryptį, sutampančią su magnetinio lauko kryptimi, todel jos toje vietoje lauką sustiprina. Todel magnetinis laukas pasidaro nebelygus ir gauna išvaizdą, nurodytą br.45-me. Kadangi jėgų linijos, arba, geriau sakant, jėgų vamzdžiai turi ypatybę išsitiesti, todel jie stumia laidininką iš dešinės į kairę (br.45).



Br.43. Tiesus laidininkas su srove magnetiniame lauke.

Santykį tarp srovės krypties, jėgų linijų

krypties ir judėsio krypties galima sau įsivaizdinti taip vadinamu kairės rankos dėsniu br. 43: *Ištiesti kairę ranką taip, kad į delną stačiai eitų jėgų linijos, ištiestos rankos pirštai rodytų elektros srovės kryptį laidininke, tuomet atstatytas nykštis rodys laidininko judėsio kryptį.*



Br.44. Br.45.
Jėgų linijos laidininko su srove magnetiniame lauke.

Apskaičiuosime dabar jėgą, kuri veikia į 1 cm. ilgio laidininką, kuriuo eina srovė i amperų, kuomet tas laidininkas randasi lygiame magnetiniame lauke indukcijos B Gaussų. Jeigu laidininkas 1 cm ilgio laikotarpyje dt sek. pajudėjo ant ds cm kryptimi statmena savo ašies ir indukcijos krypčiai (br.43), tai jame susidarys įtempimas:

$$e = B.1\frac{ds}{dt}.10^{-8} \text{ voltų.}$$

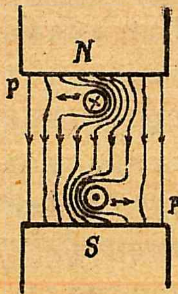
Darbas, kurį atliko laidininkas laikotarpyje dt sek, bus:

$$dA = e\ i.dt = B,1.i,ds,10^{-8} \text{ Jouleių.}$$

Padalinę tą darbą iš ilgio kelio ds, gausime Jouleiuose/cm jėgą. Kadangi 1 Jouleis/cm = 10^7 Ergų/cm = 10^7 dynų, tai jėga P, kuria magnetinis laukas stumia tiesų laidininką su srove išsireikš formula

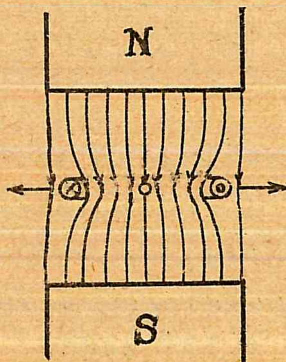
$$P = B.l.i.\ 10^{-8} \text{ Joule/cm} = B.l.i.10^{-1} \text{ dynų} \quad (35)$$

Paimsime dabar vietoje tiesaus laidininko su srove sujungtą konturą su srove, kursai randasi lygiame magnetiniame lauke br. 46. Elektros varyklio principas. Jeigu konturas su srove randasi magnetiniame lauke, kaip tai nurodyta br. 46, tai ant viršutinės ir apatinės vijo pusės veiks jėga P. Kadangi tose vijo dalyse elektros srovės turi priešingas kryptis, tai jėgos P veikimo kryptis ant viršutinės konturo pusės bus priešinga krypčiai jos veikimo ant apatinės konturo pusės. Būtent, viršutinėje pusėje konturo, jėga P stums vijo konturo dalį kairėn, o apatinėje dešinėn rankon br. 46. Kitaip sakant, ant konturo veiks sukantis momentas.



Br.46. Sujungtas konturas su srove magnetiniame lauke.

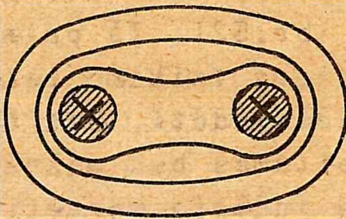
Kuomet konturas pasisuks į padėtį, nurodytą br. 48, tai tolimesnis jo sukimasis bus nebegalimas. Toje jo padėtyje įvyks veikiančių ant konturo jėgų lygsvara. Sakoma, jog konturas esti mirtingoje padėtyje. Jei konturas inercijos deliai peržengtų mirtiną padėtį, tai susidarytų sukimo momentas, kursai vėl grąžintų jį mirtinon padėtin. Bet jei padaryti taip, kad srovė mainytų savo kryptą, tuojaus kaip tik konturas pasieks mir-



Br.48. Konturas mirtinoje padėtyje.

tiną padėtį, tai ant konturo išėjusio iš mirtinos padėties vėl veiks pora jėgų, kuri suks jį toliau ta pačia kryptimi. Tokį srovės krypties permainymą daroma kollektoriaus pagalba, su kurio konstrukcija susipažinsime tolimesniame kurse.

Dabar pažiūrėsime į tarpusavį *dvieju lygiagrečių laidininkų su srove veikimą*. Bandymas rodo, kad *du lygiagrečiu laidininku, kuriais eina vienodos krypties srovė, viens kitą pritraukia, o laidininkai, kuriuose srovės turi priešingas kryptis, viens kitą atstumia*. Tatai galima sau įsivaizdinti ir be bandymo, patyrinėję magnetinio lauko jėgų linijas. Dviem lygiagrečiais laidininkais, kuriais eina vienodos krypties srovė (br.49), magnetinio lauko dalyje, gulinčioje tarp tų laidininkų, jėgų linijos, sudarytos kiekvieno laidininko, turi priešingas kryptis. Todel toje vietoje sumarinis laukas mažėja ir indukcijos linijos sumarinio lauko priima išvaizdą ištemptų aplink abu laidininku elipsų, kurių didžiojo diametro galuose jėgų linijos tankiai guli viena prie kitos. Tose vietose jegų linijos stengiasi išsitiesti ir stumia laidininkus vieną prie kito.

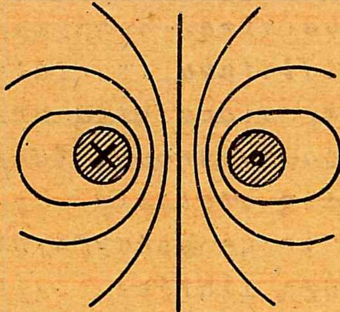


Br.49. Dvieju vienodos krypties sroviu magnetinis laukas.

Du lygiagrečiu laidininku, kuriais eina srovės priešingos krypties, sudaro erdvėje tarp laidininkų didžiausio stiprumo lauką (br. 50). Sumarinio magnetinio lauko linijos sten-

giasi išsitiesti ir atstumia laidininkus vieną nuo kito.

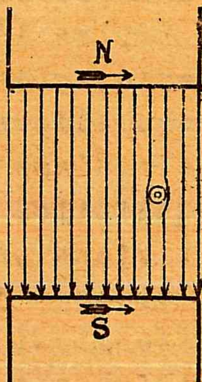
Dabar pažiūrėsime į *santykį tarp judančio magnetinio lauko ir laidininko, kursai randasi tame lauke.* Jeigu indukcijos linijos judančiojo magnetinio lauko perkerta laidininką, tai tame laidininke induktiruojasi e.v. jėga, kurios kryptį galima surasti dešinės rankos dėsniu br. 51. Prie to nykštis turi rodyti reliatyvą laidininko judėsį.



Br.50. Priesingos krypties sroviu magnetinis laukas.

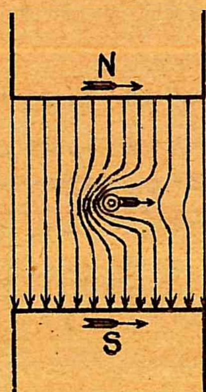
Jei sujungti abu galu laidininko, tai jame atsiras srovė ir tuomet turėsime laidininką su srove magnetiniame lauke.

Ant tokio laidininko, kaip aukščiau buvo nurodyta veikia mechaninė jėga, kurios kryptį galima surasti kairiosios rankos dėsniu (br.52). Iš priežasties tos jėgos veikimo laidininkas pradės judėti, bet to judėsio greitumas bus mažesnis už greitumą judėsio magnetinio lauko. Jei daleisti, kad laidininkas pradėtų judėti greitumu judėsio magnetinio lauko, tai laidininkas neperkirstų indukcijos linijų; todel jame nesiinduktiruotų e.v. jėga, nebūtų jame srovės ir ant jo neveiktų mechaninė jėga. Reiškia, laidininkas privalo judėti ma-



Br.51. Judančiame magnetiniame lauke laidininkas.

žesniu greitumu, negu laukas. Sakoma, kad laidininkas savo judėsyje turi liktis nuo lauko.



Br.52. Judanciu magnetiniu lauku traukiamas laidininkas.

Tą atsilikimą vadinama *slinkimu* (Schluepfung-skolženije) Tuo *paremtas asinchroninių varyklių principas.*

Bendrai imant laidininke, judančiame magnetiniame lauke, induktiruojasi e.v. jėga, kurios kryptis gali būti surasta dešinės rankos dėsniu. Pritaikinę tą dėsnį, mes įsitikiname, kad toji e.v. jėga turi kryptį priešingą elektros srovės krypčiai judančiame su srove laidininke. Tokia e.v. jėga vadinama priešveikiančia e.v. jėga (p.e.v.j.). Jos dydis gali būti surastas iš formulos:

$$e = B.l.v.10^{-8} \text{ voltų.}$$

Priešveikiančios e.v. jėgos veikimas apsireiškia tame, kad elektros srovės jėga laidininke mažėja. Jei ramiai stovinčiame laidininke tarp jo galų įtempimas lygus e_k, o pasipriešinimas r, tai srovės jėga jame sulig ohmo dėsniu bus:

$$i = \frac{e_k}{r} \text{ Ampetų} \; . \; . \; . \; . \; . \; (36)$$

Kaip tik laidininkas pradeda judėti magnetiniame lauke, tai jame atsiranda p.e.v.j. e_p ir elektros srovės jėgos dydis darosi lygus:

$$i = \frac{e_k - e_p}{r} \text{ Amperų} \; . \; . \; . \; . \; . \; (37)$$

Reiškia, didėjant laidininko judėsio greitumui, srovė ir, veikianti į laidininką, mechaninė jėga mažėja iš priežasties p.e.v. jėgos augimo.

Jei laidininko judėsio greitumas vis didėja, tai p.e.v. jėga gali pasidaryti lygi pridėtam įtempimui e_k. Tuomet elektros srovės jėga ir veikianti į laidininką mechaninė jėga pasidarys lygios nuliui. Prie tam tikro įtempimo e_k didžiausias laidininko greitumas gali būti surastas iš formulos:

$$e_k = e_p = B.l.v_{max} 10^{-8} \text{ voltų}$$

iš kur:

$$v_{max} = \frac{e_k}{B \cdot l . 10^{-8}} \text{ cm/sek. . . . . . . (38)}$$

To greitumo laidininkas niekumet negali pasiekti, nes jo judėsiui priešinasi dar trinimasis. Jėgos trinimosi pergalėjimui, taip pat reikalinga mechaninė jėga, reiškia ir srovė.

Judąs magnetiniame lauke laidininkas su srove atlieka darbą. Išskaičiuosime to darbo kiekį. Jei veikianti ant laidininko jėga yra lygi P dynų ir jo judėsio greitumas yra lygus v cm/sek. tai darbas, atliktas laidininko laike vienos sekundos, bus:

$$As = P.v.$$

Pastačius į tą lygtį reiškinį P, paimtą iš 35-tos lygties, gauname:

$$A_s = B.l.i.10 .v \text{ Dinocentimetrų/sek} = B.l.i.v.10^{-8} \text{ wattų} \quad (39)$$

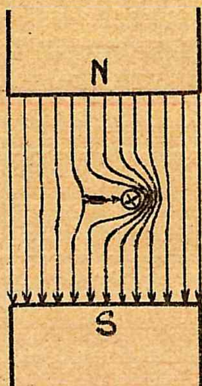
Kadangi $B.l.v.10^{-8}$ yra p.e.v. jėga, kuri induktiruojasi laidininke, tai:

$$A_s = i.e \text{ wattų} \ldots\ldots (40)$$ t.y.

judančio magnetiniame lauke laidininko su srove mechaninis darbas lygus sandaugai srovės jėgos iš induktiruotos laidininke p.e.v. jėgos.

§ 23. Mechaninis srovės sudarymo darbas.

Jei sujungtas laidininkas juda magnetiniame lauke, tai jame induktiruojasi e.v. jėga ir atsiranda elektros srovė, kurios kryptis surandama dešinės rankos dėsniu (br.53). Į tokį laidininką veikia mechaninė jėga, kuri priešinasi laidininko judėsiui. Kryptis tos pasipriešinančios jėgos surandama kairiosios rankos dėsniu. Kad laidininkas judėtų, reikia, kad toji pasipriešinanti jėga būtų pergalėta jėgomis, kurios suteikia laidininkui judėsį. Pasipriešinanti jėga surandama iš formulos 35-os.



Br.53. Magnetiniame lauke judantis laidininkas su srove.

$$P = Bli10^{-1} \text{ dynų} = Bli10^{-8} \text{ Joule/cm}$$

Kad laidininkas, pergalėdamas pasipriešinančią jėgą, judėtų pirmyn pastoviu greitumu v cm/sek, reikalinga kiekvienoje sekundoje aikvoti mechaninę galią:

$$A_s = P.v = B.l.i.10^{-8} v = i.B.l.v.10^{-8} = i.e \text{ wattų},$$ kur

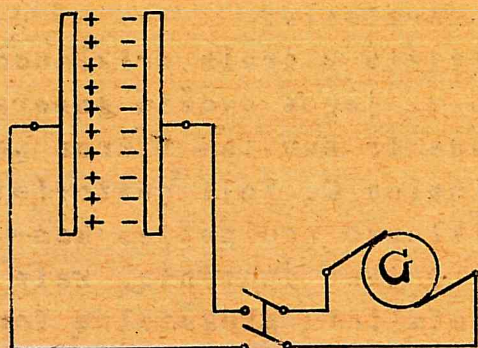
$e = B.l.v.10^{-8}$ yra e.v. jėga, kuri induktiruojasi judančiame laidininke. Tokiu būdu matome, jog *mechaninis darbas, kurį per sekundą suvartoja generatorius perkeisdamas mechaninę energiją į elektrinę lygus sandaugai elektros srovės jėgos ir induktiruotos e.v. jėgos.*

III. E L E K T R I N I S L A U K A S.

§ 24. *Elektrinė indukcija.*

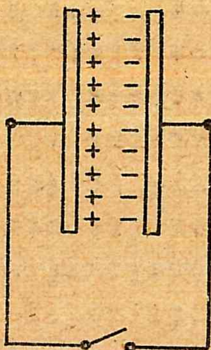
Nuolatinė e.v. jėga sujungtoje grandinėje sudaro nuolatinę elektros srovę, kuri ekzistuoja taip ilgai, kol neišnyksta e.v. jėga. Jei grandinė nesujungta, tai prie nuolatinės e.v. jėgos nuolatinės srovės grandinėje nėra. Kintamoji gi e.v. jėga sudaro nuolat cirkuliuojančią kintamąją srovę net ir nesujungtoje grandinėje.

Daleiskime, kad mes turime vieną greta kitos dvi metalines plokšteles (br.54). Jos yra sujungtoa vielomis su nuolatinės srovės generatoriu. Tarp plokštelių ir generatoriaus grandinė turi išjungiklį. Jei mes įjungsime išjungiklį, tai nuo teigiamojo generatoriaus polio bemaž momentaliai srovė bėgs į vieną plokštelę ir pereis srovės nepraleidžiančią erdvę tarp plokštelių. Ji eis toliau viela, kuri jungia antrą plokštelę su generatoriu. Tokiu būdu ji pasieks antrą generatoriaus polį. Kaipo pasekmę tos momentalės srovės mes surasime,



Br 54. Kondensatorio ilydinimas.

kad plokštelė, kuri sujungta su teigiamuoju mašinos poliu, įgijo teigiamos elektros įlydį (zariad) o antroji - neigiamos elektros įlydį. Paženklinsime elektros kiekį, kursai prie kiekvieno tokio įjungimo perbėga grandinę, raide Q. Viršnurodytas įtaisymas, kursai susideda iš dviejų plokštelių, vadinasi *kondensatoriu*, nes jis turi ypatybę didinti elektros įlydį, arba, kitaip sakant, jį kondensuoti - tirštinti. Jei įlydintą kondensatorių atjungti nuo generatoriaus, tai ant jo bornų galima konstatuoti įtempimą, lygų generatoriaus įtempimui. Kryptis jo priešinga generatoriaus įtempimo krypčiai. Jei įlydinto kondensatoriaus bornus sujungti viela (br.55), tai toje vieloje atsiras taipogi bemaž momentalė elektros srovė, bet priešingos krypties tai srevei, kuri buvo tose vielose laike sujungimo kondensatorio su generatoriu.



Br.55. Kondensatorio islydinimas.

Įlydžio Q dydis priklauco nuo e.v. jėgos dydžio generatoriaus ir nuo tam tikros pastoviosios C. Toji pastovioji C priklauso nuo paties kondensatoriaus ypatybių, kaip tai metalinių plokštelių formos ir išmierų, atstumo tų plokštelių nuo viena kitos ir nuo medžiagos skiriančios tas plokšteles. Pastovioji C vadinasi kondensatoriaus *talpumu* (Kapazitaet - elektrojomkost) ir matuojasi faradomis. Jei elektros įlydis (elektros kiekis) Q išreikstas Coulombais, įtempimas E tarp kondensatoriaus plokštelių

voltais ir kondensatoriaus talpumas C faradomis, tai:

$$Q = E.C \text{ Coulombų} \quad . \; . \; . \; . \; .(41)$$

Lygtį 41-a vadinsime Ohmo dėsnio išreiškimu *elektriniam sriautui*. Prie to talpuma C vadinsime elektrinio sriauto *dielektriniu pralaidumu*. To pralaidumo nereikia painioti su Ohminio pasipriešinimo atvirkščiu dydžiu elektros srovės grandinėje.

Kyla klausima., kas gi toks yra *elektrinis sriautas* ir *dielektrinis pralaidumas*. Kad supratus tuos pavadinimus, susitarsime vadinti erdvę aplink įelektrintą kūną *elektriniu lauku*, panašiai į tai, kaip mes vadinome erdvę aplink magnetą magnetiniu lauku. Aplink kiekvieną laidininką, kuriuo eina elektros srovė, taipogi ekzistuoja *elektrinis laukas*. Tas elektrinis laukas labai silpnas palyginamai su lauku, kurį sudaro įelektrizuotas elektrostatinių mašinų pagalba kūnas. Elektriniame lauke, panašiai į tą, ką matėme magnetiniame lauke, apsireiškia dvejopos rūšies veikimai, būtent: *jėgų veikimai ir indukcijos veikimai*. Svarbiausieji yra indukcijos veikimai, *Juos mes matuojame per dielektriko ploto vienetą elektros srovės momentaliu atsiradimu*. Tas momentalis per dielektriką srovės atsiradimas ištinka kiekvieną kartą, kuomet susidaro arba išnyksta elektrinis laukas. Tatai mes matėme aukščiau aprašytuose bandymuose su kondensatoriu br, 54 ir 55.

Daleiskime, kad mes įlydiname (zariažajem) arba išlydiname plokštelinį kondensatorių.

Prie to momentaliu elektros srovės pašokimu matuojame išjudintą elektros kiekį. Tą elektros kiekį daliname iš skersinio piūvio ploto dielektriko sluoksnio, kursai skiria kondensatoriaus plokšteles. Tokiu būdu gauname taip vadinamą *elektrinę indukciją* D. Ją matuojame Coulombais/cm^2.

Aiškų indukcijos įsivaizdinimą galima gauti, jei mes tarp kondensatoriaus plokštelių (br.56) pravesime plokštumą ir kairiąją tos plokštumos pusę skaitysime nuklota neigiama, o dešiniąją teigiama elektra. *Plokštumos vienetui įlydis (arba krovinys) išreikštas Coulombais/cm^2 ir yra elektrinė indukcija.*

Elektrinė indukcija taip pat, kaip ir magnetinė turi tam tikrą kryptį erdvėje. Toji kryptis sutampa su jėgų linijų kryptimi. Kokiame nors taške suma įvairių indukcijų surandama, kaipo geometrinė suma.

Kas link elektrinių indukcijos linijų, tai joms pritaikinamos tos pat taisyklės, kaip ir magnetinėms indukcijos linijoms. Skirtumas tarp elektrinių ir magnetinių indukcijos linijų tiktai sekantis: elektrinės linijos taipogi ir vamzdžiai prasideda ant teigiamai įelektrintos plokštelės, o aot neigiamai įelektrintos plokštelės baigiasi, tuo tarpu,kai magnetinės indukcijos linijos yra linijos sujungtos.

Sandauga iš elektrinės indukcijos ir statmenos jai sudedamosios plokštumos vadinasi elektriniu indukcijos srautu per tą plokštumą.

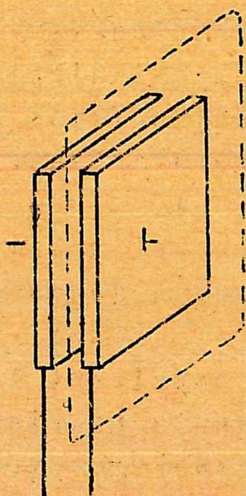
Dielektrikuose elektrinis indukcijos sriautas panašiai į magnetinį sriautą nesimaino,

t.y. kiekviename skersiniame vamzdžio piūvyje elektrinis indukcijos sriautas pasilieka vienodas. Kadangi indukciją matuojama Coulombais/cm^2, tai *indukcijos sriautas turi matuotis Coulombais. Todel indukcijos sriauto vienetas bus vienas Coulombas.*

Jei D yra indukcija, o α yra kampas, kurį sudaro statmuo plokštumai ds su indukcijos kryptimi, tai sriautas per plokštumą S bus:

$$Q = \int D.ds.\cos\alpha \text{ Coulombų.}$$

Magnetinės indukcijos sriauto vienetą mes gavome kaipo $4\pi^{ta}$ dalį sriauto, kurį sudaro magnetizmo vienetas. Už elektrinio indukcijos sriauto vienetą mes priėmėm Coulombą. Todel mes galime matuoti elektrinį sriautą tais pačiais vienetais, kuriais matuojame elektros kiekį. Ženklinsime elektrinį indukcijos sriautą tomis pačiomis raidėmis, kaip ir elektros kiekį.



Br.56. Prie įlydinimo ir išlydinimo per taškeliais pažymėtą plokštumą perveriamybė.

Taip darydami, mes turėsime tam tikrą pliusų, būtent. elektrinis sriautas per tam tikrą plokštumą bus tas pats, ka mes turime elektrostatikoje, kuomet kalbame apie elektros kiekį. Vietoje elektros kiekio, kursai surinktas ant tam tikro laidininko paviršiaus, pasirodo dabar elektrin s sriautas nepralei-

džiančiuose elektros srovės dielektrikuose.

Izoliruoti laidininkai sulig to supratimo įgyja tą ypatybę, jog nuo ju prasideda elektrinis sriautas. Jie sudaro pradžią ir galą sriautui, kuris eina per visą dielektriką. Tas sriautas ekzistuoja ir tuomet, kai mainosi izoliuotų laidininkų padėtis. Ta momentalė srovė, kuri atsiranda prie sujungimo kondensatoriaus su mašina, ir apie kurią mes kalbėjome šio paragrafo pradžioje, yra *elektrinio per dielektriką indukcijos sriauto persimainymas laiko vienete*, t.y.

$$i = \frac{dQ}{dt} \text{ Amperų.}$$

Tą srovę per dielektriką vokiečiai vadina „Verschiebungsstrom", o rūsai „električeski sdvig v dielektrike". Toji srovė labai aiškiai pasirodo, kuomet kondensatorius sujungiamas su bornais kintamosios srovės generatoriaus, pav., taip, kaip tat nurodyta br. 54.

Praktikoje dažnai tas įvykinama prijungimu kabelio prie bornų kintamosios srovės generatoriaus. Jeigu kabelio talpumas ir mašinos įtempimas pakankamai dideli, tai nepaisant to, kad prie generatoriaus nėra prijungta nė vieno elektros energijos priėmėjo, kabelyje cirkuliuoja gan didelė elektros srovės jėga.

Toji „Verschiebungs" - srovė sudaro tokius pat magnetinius veikimus, kaip ir paprastoji einanti grandine srovė.

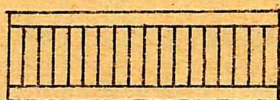
Įsivaizdinkime sau plokštumą, pravestą per dielektriką taip, kaip tat parodyta taškelių li ija 56-me braižinyje.

Sulig perverimo dėsniu magnetinis įtempą-

mas $\int H_e dl$ išilgai sujungtos pravestos taškelių linijos proporcingas plokštumą perkertančiai „Verschiebungs" srovei, kuri ekzistuoja laike įlydimo arba išlydimo kondensatoriaus.

Reiškia, tas magnetinis įtempimas proporcingas elektrinio sriauto persimainymui laiko vieneto laikotarpyje. Prie to elektriniame ir magnetiniame lauke apsireiškimai pilnai sutampa. *Išilgai sujungtos linijos elektrinis įtempimas proporcingas greitumui persimainymo apsiausto magnetinio sriauto; taip pat išilgai sujungtos linijos magnetinis įtempimas proporcingas greitumui persimainymo apsiausto elektrinio sriauto.*

Paimsime kai kuriuos papraščiausius elektrinio sriauto pavyzdžius. Plokšteliniame kondensatoriuje, neskaitant plokštelių pakraščių įtekmės, elektrinės lauko linijos, tolygiai išsiskirsčiusios, eina nuo vienos plokštelės iki kitos (br.57). Indukcija D bus visur vienoda, o indukcijos sriautas arba įlydis (krovinys) Q prie vienpusių plokštelinių kondensatorių išsireikš formula:



Br.57. Plokštelinio kondensatorio lauko linijos.

Q = D.S Coulombų, kur

S cm^2 sudaro plotą vienos pusės vienos kondensatoriaus plokštelės.

Ilgame vamzdžio pavidalo kondensatoriuje, kaip tai koncentriniame kabelyje (br.58), indukcija, neskaitant kraštų įtekmės, galima taip pat skaityti visur vienoda.

Jei cilindrinio kondensatoriaus ilgis ly-

gus l cm, o radiusas cilindrinio paviršiaus lygus r cm, tai cilindrinis paviršius bus:

$$2.\pi.r.l\ cm^2.$$

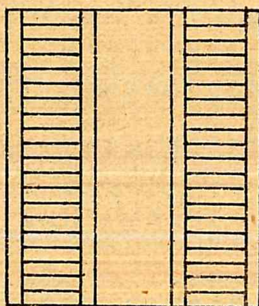
Jei indukcijos sriautas arba įlydis lygus Q Coulombams, tai indukcija D atstume r cm nuo ašies bus:

$$D = \frac{Q}{2\pi r l}\ \text{Coulombų/cm}^2.$$

Suprantama, kad tokia pat formula išsireikš ir indukcija atstume r cm nuo tiesaus labai ilgo laidininko. Taipogi aišku, jog indukcija atstume r cm nuo centro rutulio pavidalo kondensatoriaus bus:

$$D = \frac{Q}{4\pi r^2}\ \text{Coulombų/cm}^2.$$

Tokia pat formula išsireikš ir indukcija įelektrinto taško pavidalo kūno bet kokiame atstume r cm nuo to taško. indukcijos linijos eis tiesiais spinduliais iš to taško į begalinę.

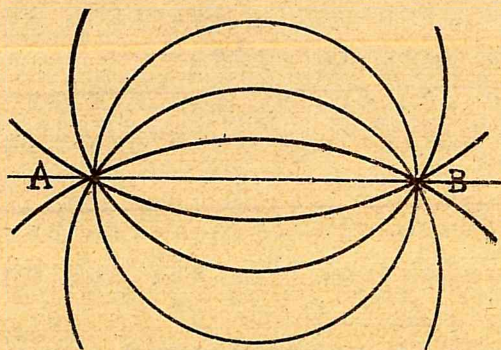


Br.58. Vamzdžio pavidalo kondensatorio lauko linijos.

Suprantama, jog indukcijos vamzdžiai dviejų taško pavidalo kūnų įvairiavardėmis elektromis lygiai įelektrizuotų, turės tokią pat formą, kaip ir indukcijos vamzdžiai dviejų tokių pat įvairiavardžių magnetinių polių.

Dviejų ilgų įvairiavar-

džiai įelektrizuotų laibų laidininkų indukcijos linijos turi išvaizdą linijų, nurodytų 59-me braižinyje. Prie to lankai, kuriuos jungia chorda AB, jei A ir B yra su popierio plokštuma laidų skersiniai piūviai, yra apskritimų lankai. Tie apskritimai isbrėžti, kaipo iš centrų, iš taškų, kurie randasi ant statmens tiesiai AB, pravesto per jos vidurį.



Br.59. Dviejų tiesių ir laibų įvairiavardžiai įelektrizuotų vielų lauko linijos.

§ 25. Elektrinio lauko stiprumas ir potencialas.

Jei įelektrintas kūnas judės elektriniame lauke iš priežasties to lauko į kūną veikimo, tai laukas atliks darbą. Darbas tas esti teigiamas, jei kūno judėsio kryptis sutampa su veikiančios į tą kūną jėgos kryptimi, atvirkščiai - neigiamas. Taip pat, kaip ir prie polio judėsio magnetiniame lauke, tas darbas nepriklauso nuo kelio, bet tik nuo pirmutinės ir paskutinės to kūno padėties elektriniame lauke. Todel ir elektriniam laukui priskirsime *potencialą. Tą potencialą surasime, kaipo darbą, kurį elektrinis laukas atlieka, jei jis teigiamos elektros vienetą perneša iš tamatuko taško į begalinę.*

Darbas, kurį atlieka elektrinis laukas, perkeldamas teigiamos elektros vienetą iš vieno taško į kitą, vadinasi potencialų skirtumu arba elektriniu įtempimu tarp tų taškų

Jei darbą matuosime Jouleiais, o elektros kiekį Coulombais, tai potencialų skirtumą gausime Voltais.

Jei darbą, kurį atlieka elektrinis laukas, perkeldamas teigiamos elektros vienetą ant be galo mažo ilgio kelio, padalinsime iš to kelio ilgio, tai gausime *elektrinio lauko stiprumą*. Reiškia, *lauko stiprumas yra elektrinis įtempimas ilgio vienetui ir matuojasi Volt/cm.* Jei $d\mathcal{E}$ yra įtempimas tarp be galo arti stovinčių dviejų taškų ir dl yra tų taškų viens nuo kito atstumas, išreikštas cm, tai lauko stiprumas $\mathfrak{E}$ išsireikš:

$$\mathfrak{E} = \frac{d\mathcal{E}}{dl} \text{ Volt/cm} \quad . \ . \ . (41^{a})$$

Pav., surasime lauko stiprumą tarp dvilaidinio kabelio gyslų, jei to kabelio izoliacijos sluoksnio storumas lygus 0,1 cm ir jei įtempimas tarp kabelio gyslų lygus 1000 voltų.

Ieškomasis lauko stiprumas bus:

$$\mathfrak{E} = \frac{1000}{0,1} = 10.000 \text{ volt/cm.}$$

41-a lygtis teisinga ne tik dielektrikams (nelaidininkams), bet ir laidininkams.

Paimkime, pav., grandinę, kurios įtempimas $\mathcal{E} = \int \mathfrak{E} dl$ sudarytas iš dviejų įtempimų: vieno, kuris suvartojamas paties generatoriaus apsukoje ir kito - tai įtempimo ant generatoriaus bornų. Kadangi pirmasis įtempimas veikia ant

labai ilgo kelio (išilgai ašies vielų, iš kurių sudaryta generatoriaus apsukos), tai lauko stiprumas išilgai apsukos vijų bus labai mažas.

Lauko stiprumą kitos dalies grandinės mes galime ieškoti tiesia linija tarp generatoriaus bornų atba išorinės grandinės srovės kryptimi, jei toji grandinė sujungta.

Kadangi *lauko stiprumas* yra įtempimas ilgio vienetui, tai aišku, kad taip vadinami pramušimo kraštutiniai įtempimai (predelnija napriáženija na probivku) įvairių medžiagų priklauso tiktai nuo *lauko stiprumo*.

Kadangi vienetui ilgio darbas (lauko stiprumas) lygus jėgai, tai lauko stiprumą galima suprasti dar kaipo jėgą, kuria laukas veikia į elektros kiekio vienetą. Reiškia, lauko stiprumą galima matuoti kaipo jėgą. Jei mes lauko stiprumą matuosime dynomis, o elektros kiekį Coulombais, tai rezultata gausime ne Volt/cm, bet dynas. Todel reikia turėti omenyje, kad:

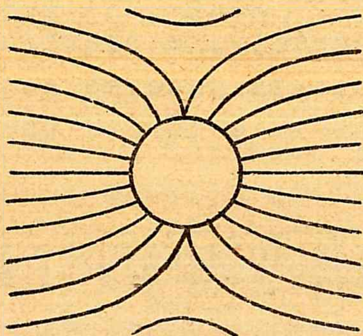
$$1\frac{\text{volt}}{\text{cm}} = 1\frac{\text{Ioule}}{\text{Coulomb}\times\text{cm}} = \frac{10^7\text{dyno.cm}}{\text{Coulomb}\times\text{cm}} = \frac{10^7\text{dynų}}{\text{Coulomb}} \quad . \quad . \quad (42)$$

Lauko stiprumo kryptis gali būti surasta pabėrus elektriniame lauke ant plpkštumos lengvus miltelius panašiai, kaip daroma su geležinėmis piūvenomis magnetinio lauko krypties suradimui. Išskyrus kristalus lauko kryptis sutampa su indukcijos kryptimi.

Vienodo potencialo paviršiai elektrinio lauko turi tas pačias ypatybes, kaip ir magnetinio lauko vienodo potencialo paviršiai.

Vienodo potencialo paviršių pavyzdžiai: Plokšteliniuose kondensatoriuose vienodo potencialo paviršiai yra plokštumos. Tos plokštumos lygiagretės kondensatorių plokštelių plokštumoms. Cilindriniuose kondensatoriuose vienodo potencialo paviršiai yra cilindriniai paviršiai ir t.t.

Kadangi metaluose įtempimas tuojaus išsilygina, tai metalai elektriniame lauke visuose savo taškuose turi vienodą potencialą. Reiškia, metalo paviršius yra vienodo potencialo paviršiumi. Todel jėgos kryptis visuose metalo paviršiaus taškuose statmena jo paviršiui. Jei mes cilindrinį laidininką įnešime į lygų elektrinį lauką, tai tas laukas nebebus lygus. Jo jėgų linijos nukryps į laidininką, kaip tat parodyta 60-me br. Gauname tokį pat piešinį, kaip prie įnešimo geležies į lygų magnetinį lauką. Skirtumas tiktai toks, kad elektrinės linijos įeina visai statmenai į metalą. Kadangi laidininko paviršius visuose savo taškuose turi vienodą potencialą, tai tas paviršius lauko linijoms duoda pilną trumpą sujungimą. Tarp bet kokių taškų paviršiaus metalinio kūno įtempimas lygus nuliui, taipogi lygus nuliui ir lauko stiprumas metalinio kūno viduje, net tuomet, kai tas viduris tuščias.



Br.60. Metalinis cilinderis įnestas į lygų elektr. lauką.

§ 26. *Santykis tarp indukcijos, lauko stiprumo ir talpumo.*

Magnetiniame lauke santykis tarp indukcijos B ir lauko stiprumo H išsireiškia formula: $B = \mu H$. Toj formuloj koeficientas pastovus tik orui ir lygus 1. Elektriniame lauke santykis tarp D ir $\mathcal{E}$ pastovus kiekvienam izoliruojančiam kūnui, bet kiekvienas kūnas turi tam tikrą koeficient. (μ) dydį. Kadangi vienetai D ir $\mathcal{E}$ paimti bet kaip, tai santykis tarp jų išsireiškia net ir ore ne taip paprastai, kaip tarp B ir H.

Tą santykį galima surasti pagalba statistinio ir apsoliutinio elektros kiekio vienetų ir jų santykio su Coulombu. Tikrai, už *statistinį elektros kiekio vienetą* paimtas toks elektros kiekis, kuris į kitą tokį pat elektros kiekį ore vieno cm atstume nuo pirmojo veikia jėga, lygia vienai dynai.

Už apsoliutinį elektros kiekio vienetą priimtas toks elektros kiekis, kuris su apsoliutiniu įtempimo vienetu duoda darbą, lygų vienam ergui. Maxwellis surado, kad apsoliutinis elektros kiekio vienetas 3.10^{10} kartų didesnis už elektrostatinį. Kadangi 3.10^{10} cm/sek. yra šviesos pletimosi greitumas, tai Maxwellis padarė išvadą, jog šviesa yra elektromagnetinės bangos.

Santykį tarp apsoliutinio ir elektrostatinio elektros kiekio vienetų paaiškina sekantis Rowlando bandymas. Apskritą žiedą, kurio kiekvienam centimetrui apskritimo ilgio buvo suteikta po vieną statinį elektros kiekio vie-

netą, Rowlandas suka greitumu $C = 3.10^{10}$ cm/sek. Tasai besisukantis žiedas parodė tokius pat m magnetinius eikimus, kaip elektros srovės jėga, lygi apsoliutiniam srovės vienetui.

Kadangi 1 Coulombas su 1 voltu duoda darbą 10^7 ergų ir kadangi 1 voltas $= 10^8$ apsoliutinių įtempimo vienetų, tai: 1 Coulombas $= \frac{10^7}{10^8} =$ $= 10^{-1}$ *apsoliutinių vienetų elektros kiekio.*

Iš antros pusės, kadangi 1 apsoliutinis elektros kiekio vienetas $= 3.10^{10}$ elektrostatinių vienetų elektros kiekio ir kadangi 3.10^{10} cm/sek yra šviesos pletimosi greitumas, kurį paženklinsime raide C, tai: 1 Coulombas $= 10^{-1}.C$ elektrostatinių elektros kiekio vienetų.

Suvartosime tas išvadas apskaičiavimui lauko stiprumo ore vieno centimetro atstume nuo vieno Coulombo elektros kiekio ukoncentruoto viename taške ir taipogi surasime santykį tarp indukcijos ir lauko stiprumo.

Sulig Coulombo dėsnio jėga P, kuria veikia 1 Coulombas elektros į kitą elektros kiekio 1 Coulombą, viens nuo kito vieno centimetro atstume, išsireikš:

$$P = \frac{(10^{-1}C)\,(10^{-1}C)}{(1)^2} = 10^{-2}C^2 \text{ dynų},$$

kas reiškia, jog lauko stiprumas bus:

$$\mathcal{E} = 10^{-2}.C^2 \text{ dynu/Coulombo.}$$

Tas lauko stiprumas Volt/centimetrais sulig (42) lygties bus 10^7 kartų mažesnis ir išsireikš:

$$\mathcal{E} = 10^{-7}.10^{-2}.C^2 \text{ volt/cm. . .(43)}$$

Iš kitos pusės sriautas Q, kurį leidžia erdvėn vienas Coulombas elektros, bus taipogi lygus vienam Coulombui. Indukcija D ant paviršiaus rutulio aprašyto iš taško, kuriame randasi 1 Coulombas elektros, kaipo iš centro, radiusu lygiu vienam centimetrui, arba sriautas per 1 cm^2 ploto to rutulio paviršiaus bus:

$$D = \frac{1}{4\pi} \text{ Coulombų}/cm^2 \quad \dots \quad (44)$$

Is 43-os ir 44-os formulų gauname:

$$D : \mathcal{E} = \frac{1}{4\pi} : 10^{-9} \cdot c^2 = \frac{1}{4\pi \cdot 10^{-9} c^2} = \frac{10^9}{4\pi \cdot c^2}$$ iš kur

$$D = \frac{10^9}{4\pi c^2} \cdot \mathcal{E} \quad \dots \dots \dots \quad (45)$$

Tai ir yra bendra ryšio formula tarp indukcijos ir lauko stiprumo ore.

Jei kondensatoriuje vietoje oro paimtumėm kokią kitą medžiagą kondensatoriaus plokštelių perskirimui, tai prie to pat lauko stiprumo $\mathcal{E}$ gautumėm indukciją ε kartų didesnę, negu prie oro.

Tokiu būdu 45 formula sąryšio tarp indukcijos ir lauko stiprumo, imant kondensatoriaus dielektrikui bet kokią medžiagą, priims išvaizdą:

$$D = \varepsilon \frac{10^9}{4\pi c^2} \cdot \mathcal{E} \quad \dots \dots \quad (46)$$

Koeficientas ε priklauso nuo medžiagos ir vadinasi *dielektrinė pastovioji* tos medžiagos. Taip, dielektrinė pastovioji popierio lygi 4,

farforo 5,5, stiklo nuo 6 iki 10, atsižvelgiant į stiklo rūšį, ebonito nuo 2 iki 3.

Pravedant analogiją su magnetinio sriauto grandine, koeficientą $\left(\varepsilon\frac{10^9}{4\pi c^2}\right)$ vadina *dielektrinio pralaidumo galia* (eine Dieelektrische Durchlaessigkeit).

Kaip jau buvo minėta § 22-me, Ohmo dėsnis elektrinio sriauto grandinei išsireiškia formula:

$$Q = C.E \text{ Coulombų,}$$

kur koeficientas C vadinasi kondensatoriaus *talpumu* arba *dielektriniu pralaidumu* (dielektrischer Leitwert).

Už talpumo vienetą priimtas talpumas tokio kondensatoriaus, kuriame prie įtempimo $\mathcal{E}$ *, lygus 1 voltui, sriautas lygus 1 Coulombui.* Išrodysime ant paprasčiausio pavyzdžio, kad C galima skaityti *dielektriniu pralaidumu*. Paimsime plokštelinį kondensatorių, kurio plokštelės plotas yra S cm^2. Indukcijos sriautas tokiam kondensatoriui bus:

$$Q = D.S$$

Įtempimas arp jo plokštelių bus:

$$\mathcal{E} = \mathfrak{E}\cdot l$$

Sulig 41-ja lygtimi kondensatoriaus talpumas bus:

$$C = \frac{Q}{\mathcal{E}} = \frac{D.S}{\mathfrak{E}\cdot l} \text{ faradų}$$

Vietoje D:$\mathcal{E}$ pastatysime dydį iš 46-os lygties, tuomet gausime:

$$C = \varepsilon \frac{10^9}{4\pi c^2} \frac{S}{l} \text{ faradų} \quad . \; . \; . \; . \; . \; (47)$$

Toji formula rodo, kad dielektrinis pralaidumas panašus į magnetinės grandinės pralaidumą, būtent: jis tiesiai proporcingas sriauto grandinės skersiniam piūviui S ir atvirkščiai proporcingas jos ilgiui l; be to jis dar priklauso nuo koficiento $\varepsilon\frac{10^9}{4\pi c^2}$, t.y. taip pat, kaip magnetinės grandinės pralaidumas priklauso nuo koficiento μ.

§ 27. Elektrinio lauko energija.

Sujungsime kondensatorių talpumo C faradų su bornais nuolatinės srovės generatoriaus, kurio įtempimas yra e. Labai trumpame laikotarpyje T sek. kondensatorius igys Q Coulombų įlydį. Tas atsitinka del to, kad laikotarpyje T sek. laidomis, jungiančiomis kondensatoriaus plokšteles su generatorium eis srovė. Paženklinsime momentalį dydį tos srovės raide i. Tuomet visas įlydis Q, kuris susirenka ant kondensatoriaus plokštelių, išsireikš:

$$Q = \int_0^T i.dt \text{ Coulombam} \quad . \; . \; . \; . (48)$$

Iš antros pusės kondensatoriaus įlydis proporcingas generatoriaus e.v. jėgai e, todel galima parašyti:

$$Q = C.e \text{ Coulombų} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . (49)$$

Jei e.v. jėga padidėtų ant de, tai įlydis

kondensatoriaus padidėtų ant dQ, prie to:

$$dQ = C.de = idt \text{ Coulombų} \ldots \ldots (50)$$

Jei į kondensatorių, kurio įtempimas e, priplaukia įlydis i.dt, tai prie to aikvojasi energija:

$$dA = e.i.dt \text{ Jouleių} \ldots \ldots (51)$$

Toji energija susirenka kondensatoriuje.

Lygtį 51-ą sulig viršnurodytu galima parašyti dar sekančiai:

$$dA = e.C.de \text{ Jouleių} \ldots \ldots (52)$$

Jei veikianti ant kondensatoriaus e.v. jėga didėja nuo nuliaus iki e, tai energija, kuri susirenka kondensatoriuje, bus:

$$A = \int_0^e eidt = \int_0^e e.C.de = \frac{Ce^2}{2} \text{ Jouleių} \quad (53)$$

Kadangi sulug 49-a lygtimi C.e = Q, tai

$$A = {}^1/_2\, Q.e \text{ Jouleių} \ldots \ldots (54)$$

o tai ir yra *surinktoji elektriniame lauke energija*. Prie kondensatoriaus išlydinimo toji energija vėl persikeičia į elektrinę energiją.

Jei, pav., kabelio talpumas lygus 10^{-6} faradoms, o įtempimas = 5000 voltų, tai suri -toji kabelyje energija bus:

$$A = \frac{C.e^2}{2} = \frac{10^{-6}.25000000}{2} = 12{,}5 \text{ Jouleių.}$$

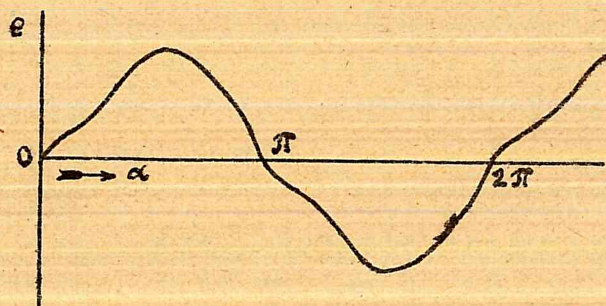
Elektrinio lauko palaikymui aikvoti energija nereikalinga. Gana, kad tiktai ekzistuotų esanti e.v. jėga e. Bet, kaip tik e.v. jėga žūsta, prapuola ir įlydis. Kondensatorius išsilydina ir atiduoda surinktąją savyje energiją grandinei.

Jei elektrinis laukas susidaro ore, tai surinktoji energija prie išsilydinimo pilnai grąžinama. Kai kurie kūnai turi taip vadinamą ypatyb, *elektrinio histeresiso*, kuris panašiai į magnetinį histeresisą glūdi tame, kad dalis energijos pasilieka dielektrike ir, kondensatoriui išsilydinant, toji energija išsiskiria dielektrike šilimos pavidale. Todel dielektrikas šyla.

IV. KINTAMOSIOS SROVĖS GRANDINĖ.

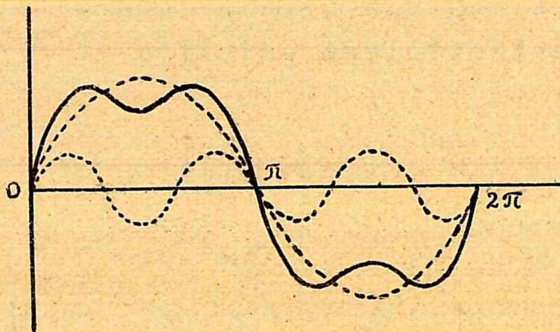
§ 28. Kintamosios srovės įtempimas ir srovės jėga ir jų išreiškimas vektoriais.

Tryliktame paragrafe mes matėme, kad sukant tiesų laidininką lygiame magnetiniame lauke, tame laidininke induktiruojasi kintamoji e.v. jėga, kuri mainosi sinuso désniu. Suprantama, jog, jei mes sujungtoje grandinėje turėsime kintamąją e.v. jėgą, tai ji sudarys toje grandinėje ir kintamąją elektros srovę. Praktikoje ne visuomet gaunama e.v. jėga, kuri mainosi sinuso désniu. Tačiau, jei mes turime įtempimą, kuris nesinusoidaliai mainosi, bet kokią kitą periodinę kreivą, pav., kreivą braižinio 61-mo, tai sulig teoremos Fourier mes tą kreivą galime išreikšti keliomis sinusoidomis, iš kurių viena vadinasi pagrindinę kreivą (pagrindinę bangą) ir turi dažnumą, lygų duotos kreivos dažnumui, o kitų sinusoidų dažnumas kelius kartus didesnis už pagrindinės bangos dažnumą.



Br.61. Periodinė kreiva.

Taip, pav., nurodytąją br. 62 kreivą galima sau įsivaizdinti sulig Fourier, kaipo sudarytą iš dviejų sinusoidų: vienos jų dažnumas lygus pagrindinės kreivos dažnumui, o kitos 3 kartus didesnis už dažnumą pagrindinės kreivos.



Br.62. Periodinė kreiva, kuri susideda iš pagrindinės sinusoidos ir 3-os eilės sinusoidos.

Iš viršišdėstyto aišku, jog žinant sinusoidalio mainymosi dėsnius, galima bet kokį periodinį mainymasi ištyrinėti, išreiškus jį atatinkamomis sinusoidomis. Todel pradedami tyrinėti kintamosios srovės dėsnius, mes užsiimsime tiktai tokia kintamąja srove, kuri mainosi sinuso désniu.

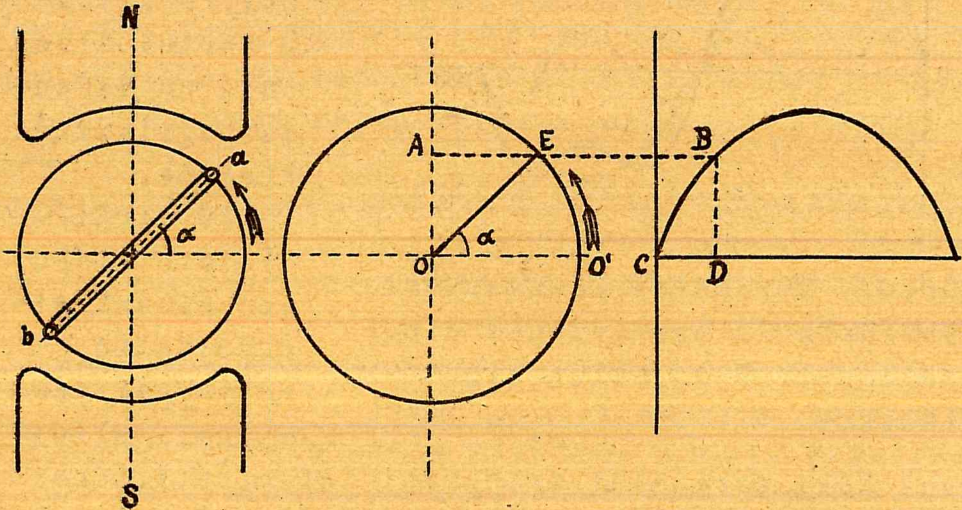
Daleiskime, kad tarp polių kintamosios srodvipolinės mašinos (br.63), strela nurodyta kryptimi ir greitumu $\omega = 2\pi N$ sukasi vienos vielos vijais ab. Jei laukas lygus, tai sulig § 13-to vijyje induktiruosis e.v. jėga, kurios momentaliai dydžiai išsireikš formula:

$$e = e_{max} sn(\omega t).$$

Išreikšime tą e.v. jėgą vektoriais. Pravesime vektorių OE (br.64) lygų e_{max} ir suksime tą vektorių aplink tašką O, kaipo centrą, greitumu $\omega = 2\pi N$, kryptimi atvirkščia laikrodžio ro-

dyklio krypčiai. N bus skaičius apsisukimų per sekundą vektoriaus OE, taipogi ir dažnumas įtempimo, kursai induktiruosis vijyje ab.

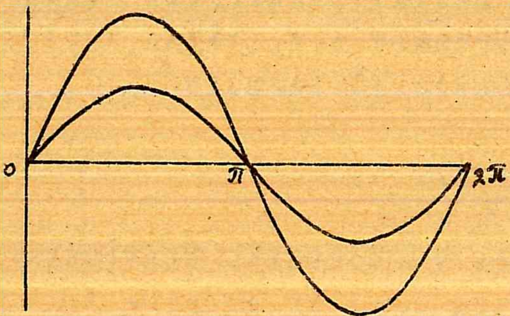
Tikrai, momente t = 0 bus α = 0. Tame momente vijis guli horizontalėje padėtyje ir



Br.63. Br.64.

Sinusoidalis mainymasis.

kryptis vektorio įtempimo sutaps su ašies abscisų kryptimi. Bet kokiame momente t vektorius OE sudaro su abscisų ašimi kampą d, t.y. tą pat kampą, kurį sudaro vijo ab plokštuma su neutrale zona dinamomašinos.



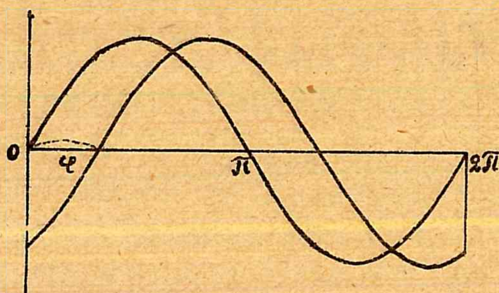
Br.65. Vienodos phozies sinusoidos.

Kadangi momentaliai įtempimo dydžiai, kurie induktiruojasi vijyje ab, išsireiškia formula $e = e_{max} sn(\omega t)$,

tai jie lygūs projekcijoms OA vektoriaus OE ant vertikalės ašies. Sinuso kreivos maksimalis dydis dešinėje pusėje braižinio 64-to lygus e_{max}, lankas CD lygus kampui α, o BD lygus momentaliam e.v. jėgos dydžiui OA.

Taip pat galima išreikšti ir sinusoidalę srovę.

Jei dvi sinusoidos padėtos taip, kad abidvi pereina per vieną ir tą pat nulinį tašką, ir abidvi vienkart pasiekia savo maksimumą (br. 65), tai apie tokias sinusoidas sakoma, kad jos sutampa savo fazėmis, arba jos turi vienodas fazes. Apie sinusoidas, kurios nepereina per bendrą nulinį tašką ir kurios ne sykiu pasiekia savo maksimumą, sakoma, kad jos randasi įvairiose fazėse arba skiriasi viena nuo kitos fazėmis, kaip pav., sinusoidos braižinyje 66-tame.



Br.66. Įvairių phazių sinusoidos.

§ 29. *Vidutinė ir veikiančioji (effektive) srovės jėga.*

Už vidutinę elektros srovės jėgą kintamosios srovės grandinėje priimama tokia kintamoji srovė, kuri, jeigu ją kolektoriaus pagalba perkeisti į uolatinę ir praleisti per voltametrą, išskirtų voltametre tiek pat metalo, kiek išskiria tokiame pat laikotarpyje tam tikra nuolatinė pastovi srovė.

Tikrai, jei mes momentalį elektros srovės dydį i padauginsime iš dt, tai gausime laikotarpyje dt išjudintą elektros kiekį. Prasumuos me tuos elektros kiekius laike pusės periodo ir gautąją sumą padalinsime iš laiko. Tatai atlikus, gausime vidutinį išjudintos elektros kiekį, arba vidutinę elektros srovės jėgą.

$$i_{vid} = \frac{1}{\frac{1}{2}T}\int_0^{\frac{1}{2}T} idt.$$

Jei srovė mainosi sinusoidaliai, tai atidėję ant ašies abscisų lankus $\alpha = \omega t$, o ant sta statmenų abscisų ašiai momentalius srovės dydžius $i = i_{max} sn(\omega t) = i_{max} sn\alpha$ gausime eilę be galo mažų trapecijų (br.67), kiekvienos kurių plotą galima skaityti lygiu elementariam stačiakampiui: $i.d\alpha = i_{max}.sn\alpha.d\alpha$. Riba sumos tų stačiakampių arba integralas bus: $\int i_{max} sn\alpha d\alpha$

Jei el mentarių stačiakampių plotų sumą padalinsime iš π, tai gausime aukštumą to stačiakampio, kuris sudaro ribą sumos plo o tų elementarių stačiakampių.

$$i_{vid} = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} i_{max} sin\alpha.d\alpha = \frac{1}{\pi} 2 i_{max} = \frac{2}{\pi} i_{max}$$

Tokiu būdu turime, jog prie sinusoidalio srovės mainymosi vidutinis srovės dydis santykiuoja su maksimaliu taip, kaip 2 santykiuoja su π.

Veikiančiu kintamosios srovės dydžiu vadinasi tokia nuolatinė srovė, kuri tolygiai bėgdama, sudaro tokius pat šiluminius srovės veikimus, kaip ir kintamoji srovė.

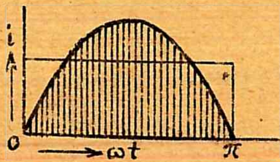
Daleiskime, kad kintamoji srovė i, idama

laidininku, kurio pasipriešinimas R laikotarpyje dt išskiria tame laidininke $i^2.R.dt$ šilimos. Tuomet veikiantis kintamosios srovės dydis $\mathfrak{J}$ sulig viršnurodyto pavadinimo išsireikš lygtimi:

$$\mathfrak{J}^2.R.T=\int_0^T i^2 R dT, \quad \text{iš kur}$$

$$\mathfrak{J}=\sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2 R dT} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (55)$$

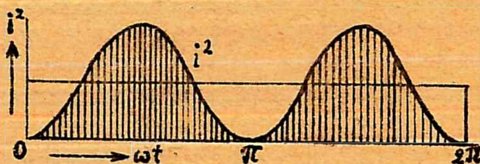
Reiškia, kintamosios srovės veikiantis dydis lygus kvadratinei šakniai iš vidutinio momentalių dydžių kvadrato.



Br.67. Vidutinė srovės jėga.

Apskaičiavimui veikiančiojo kintamosios srovės dydžio pr e sinusoidalės srovės pasielgsime sekančiai: Ant ašies abscisų (br.68) atidėsime lankus $\alpha = \omega t$, o ant statmenų ašiai abscisų srovės i kvadratus.

Plotas kiekvienos elementarės plokštumėlės bus $i^2.d\alpha$. Jei mes visą užštrichuotą plotą pamainysime tokio pat ploto stačiakampiu, kurio pagrindas yra 2π, tai aukštumas jo bus vidutinis kvadratas. Kvadratinė šaknis iš to vidutinio kvadrato ir duos veikiantį srovės dydį.



Br.68. Veikiančio srovės dydžio apskaičiavimas.

Paėmę lygtyje 55-je vieton T 2π ir turint

omenyje, kad srovė mainosi sinusoidaliai, t.y. kad $i = i_{max}\sin\alpha$, gauname:

$$J=\sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} i^2_{max}\sin^2\alpha . d\alpha}=\frac{i_{max}}{\sqrt{2}}=0,707 i_{max} \quad .(56)$$

Veikiantis kintamosios srovės dydis lygus maksimaliam, padalintam iš šaknies iš dviejų.

Tatai tinka ir įtempimui.

Dinamometriniai ir šiluminiai aparatai graduiruoti ant nuolatinės srovės, tiesiog rodo veikiantį kintamosios srovės dydį. Taip vadinamuose minkštos geležies aparatuose, kuriuose srovė, cirkuliuojanti tam tikroje špulioje, veikia ant geležinio širdeso, tarpusavio veikimo špulios ir širdeso jėga, prie nedidelio įmagnetinimo, proporcinga momentalių elektros srovės dydžių kvadratams. Todel ir tie aparatai, pragraduiruoti ant nuolatinės srovės, rodo tiesiog veikiantį kintamosios srovės dydį, jei nuostoliai ant hysteresiso jų geležiniuose širdesuose esti labai maži. Jei hysteresiso nuostoliai aparatų geležiniuose širdesuose dideli, tai kintamoje srovėje tie aparatai rodo mažiau, t.y. nepilną kintamosios srovės veikiantį dydį. Todel kintamosios srovės minkštos geležies aparatus reikia graduiruoti vadovaujantis šiluminiais arba dinamometriniais aparatais.

§ 30. Kintamosios srovės galingumas arba galia.

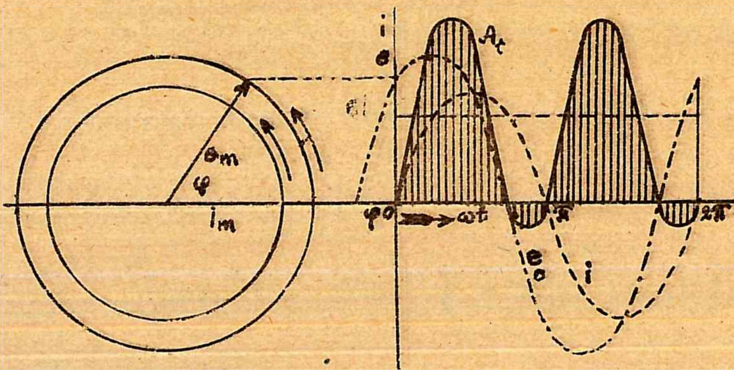
Jei e ir i yra momentaliai įtempimo ir srovės dydžiai, tai e.i bus momentalis galios dydis, o darbas laikotarpyje dt bus e.i.dt. Vidutinė gi galia bus:

$$A_s = \frac{1}{T}\int_0^T eidt \text{ wattų} \quad \ldots\ldots\ldots (57)$$

kur e išreikšta voltais, i amperais ir T sekundomis. Toji vidutinė galia nepriklauso nuo kreivos formos.

Daleiskime dabar, kad srovė ir įtempimas sinusoidaliai mainosi ir kad srovė ir įtempimas skiriasi fazėmis. Daleiskime dar, kad momentaliai srovės dydžiai išsireiškia lygtimi $i = i_{max} sn(\omega t)$, o įtempimo - lygtimi $e = e_{max} sn(\omega t+\varphi)$, t.y. kad momente t = 0 srovė yra taipogi lygi nuliui, įtempimas gi nelygus nuliui, bet turi tam tikrą dydį $e_{max} sn\varphi$ (br. 69), t.y. įtempimas pralenkia srovę kampu φ.

Dabar surasime kiekvienam momentaliam dydžiui e ir i atatinkmus momentalius galios dydžius A_t = ei. Tuos A_t atidesime ant statmenų ašiai abscisų stačiakampėse kordinatose,



Br.69. Kintamosios srovės galingumo apskaičiavimas.

taip pat, kaip atidėti e ir i (br.69) gausime momentalių galios dydžių kreivą A_t. Plotas e.i.dt kiekvienos elementarės plokštelės už-

štrichuoto ploto lygus darbui srovės laikotarpyje dt, o visas užštrichuotas plotas lygus darbui, atliktam srovės laike pilno periodo. Užštrichuoti plotai, kurie guli apačioje abscisų ašies, sudaro neigiamą darbą.

Prasumuosime tuos elementarius plotus laikotarpyje pusės periodo ir gautąjį sumarinį plotą pamainysime stačiakampiu su pagrindu, lygiu pusei periodo. To stačiakampio aukštumas ir bus vidutinė galia A_s. Ji bus mažesnė negu galima tikėtis, išeinant iš srovės ir įtempimo momentalių dydžių.

Kad atlikus minėtą sumavimą, įvesime vieton laiko lankus ir tuomet gausime.

$$A_s = \frac{1}{\pi}\int e_{max}\cdot i_{max} sn(\alpha+\varphi) sn\alpha . d\alpha \quad . . . (58)$$

Turint omenyje, kad

$$\cos\varphi = \cos(\alpha+\varphi\ \alpha) = \cos(\alpha+\varphi)\cos\alpha + \sin(\alpha+\varphi)\sin\alpha$$

$$\cos(2\alpha+\varphi) = \cos(\alpha+\varphi+\alpha) = \cos(\alpha+\varphi)\cos\alpha - \sin(\alpha+\varphi)\sin\alpha$$

Atėmę tas lygtis vieną iš kitos, gauname:

$$\cos\varphi - \cos(2\alpha+\varphi) = 2\sin(\alpha+\varphi)\sin\alpha, \text{ arba}$$

$$\sin(\alpha+\varphi)\sin\alpha = \frac{1}{2}\left[\cos\varphi - \cos(2\alpha+\varphi)\right]. \quad .. (59)$$

Tokiu būdu lygtyje 58-je reiškinys $\sin(\alpha+\varphi)\sin\alpha$ gali būti pamainytas reiškiniu $0,5[\cos\varphi-\cos(2\alpha+\varphi)]$, o momentalį galios dydį A_t galime parašyti sekančiai:

$$A_t = 0,5e_{max}\cdot i_{max}\left[\cos\varphi - \cos(2\alpha+\varphi)\right]$$

Toji formula rodo, kad A_t yra kosinuso funkcija dvigubo dažnumo, nes mainosi nuo nulio iki 2π ir kad vidutinis A_t dydis yra

$$0,5 . e_{max} . i_{max} \cos\varphi$$

Priimant domėn, kad

$$\mathcal{E}_{ef} = \frac{e_{max}}{\sqrt{2}} \quad \text{ir} \quad \mathcal{J}_{ef} = \frac{i_{max}}{\sqrt{2}}$$

gauname:

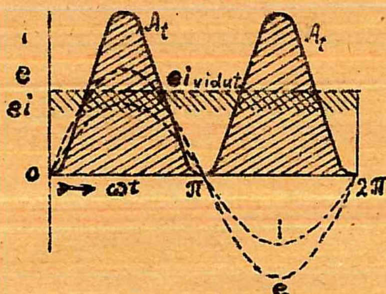
$$A_s = 0,5(\mathcal{E}\sqrt{2} . \mathcal{J}\sqrt{2} \cos\varphi) = \mathcal{E}\mathcal{J}\cos\varphi \quad . . (60)$$

Toji galia braižinyje 69-me parodyta vidutinių statmenų kreivosios A_t.

Sandauga $\mathcal{E}\mathcal{J}$ vadinama *besirodančia galia* (kažuščajasia moščnost - Scheinleistug), o sandauga $\mathcal{E}\mathcal{J}\cos\varphi$ *tikra galia* (wirkliche Leistug). Santykis tarp tikros ir besirodančios galios vadinasi *galios koeficientu* (Leistungsfaktor-koeficient moščnosti) arba tiesiog $\cos\varphi$.

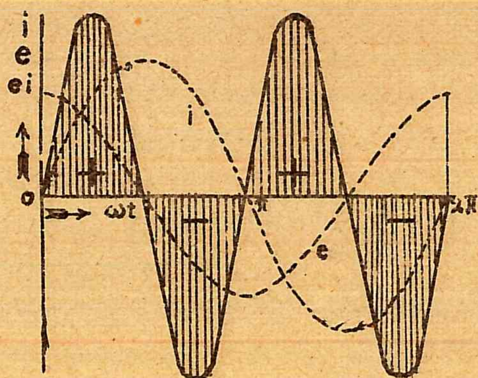
$$\cos\varphi = \frac{A_s}{\mathcal{E}\mathcal{J}} = \frac{\mathcal{E}\mathcal{J}\cos\varphi}{\mathcal{E}\mathcal{J}}$$

Jei srovė ir įtempimas sutampa fazėmis, tai $\cos\varphi = 1$; $\varphi = 0$. Tuomet srovės galia $A_s = \mathcal{E}\mathcal{J}$. Grafiškai tat išsireikš taip, kaip tai nurodyta braižinyje 70-mė. Jei skirtumas fazių tarp srovės ir įtempimo sudaro kampą, lygų 90°, tai galia $A_s = 0$. Kaip matome iš br. 71-o, jei darbas,

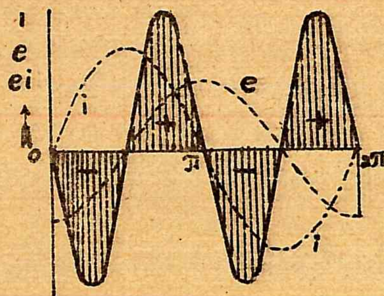


Br.70.Kintam.srovės galia prie $\varphi = 0$.

atliktas srovės, laike pirmo ketvirčio periodo yra teigiamas, tai antrame periodo ketvirtyje tas darbas yra neigiamas. Todel sumari-



Br.71. Kintamosios srovės galia prie $\varphi = 90°$.



Br.72. Kintamosios srovės galingumas prie $-\varphi = 90°$

nis laikotarpyje pilno periodo srovės darbas ir yra lygus nuliui. Br. 72-as rodo atsitikimą, kuomet srovė pralenkia įtempimą kampu 90° ir darbas laike pirmo periodo ketvirčio yra neigiamas.

§ 31. Talpumas kintamosios srovės grandinėje.

Jei įtempimas ant kondensatoriaus bornų mainosi sinuso dėsniu, t.y. jei:

$$e = e_{max} sn(\omega t) \text{ voltų},$$

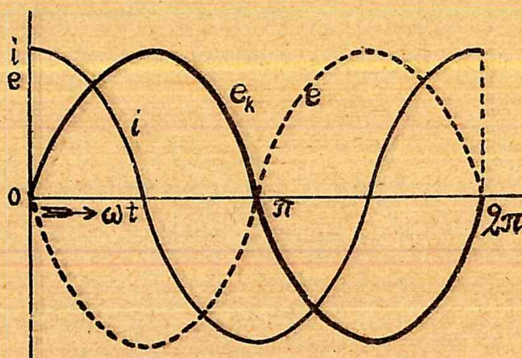
kur e_k yra momentalis, o e_{max} maksimalis įtempimo dydžiai, tai kondensatoriaus įlydimas ir išlydimas be pertraukos seka viens paskui kitą. Tokiu būdu gauname srovę, kuri eina tai į kondensatorių, tai iš kondensatoriaus. Tos srovės dydį galime surasti iš 50-os lygties:

$$C.de = i.dt, \text{ iš kur}$$

$$i = C.\frac{de}{dt} = C\omega.e_{max}.\cos(\omega t) \text{ Amperų.}$$

Išreikšime srovę i ir įtempimą e_k ant kondensatoriaus bornų grafiškai br.72ª.

Iš to braižinio matome, kad srovė pralenkia įtempimą kampu 90°. Prie $\omega t = 0$ srovė $i = i_{max} = C\omega.e_{max}$, o įtempimas $e_k = 0$. Kaip tik ,ai kondensatorių prijungia prie mašinos bornų jis pradeda įsilyditi, t.y. srovė eina iš mašinos į kondensatorių ir turi savo maksimalį dydį.



Br.72ª. Kondensatoriaus sinusoidalis įtempimas e_k ir sinusoidalė k ntamoji srovė i.

Prie $\omega t = \frac{\pi}{2}$ srovė $i = 0$, nes tame momente įtempimo mainymosi greitumas mažiausis.

Sekančiame periodo ketvirtadalyje įtempimas mažėja, kondensatorius išsilydina, reiškia sudaro srovę priešingos krypties. Prie $\omega t = \pi$ įtempimo mainymosi greitumas vėl darosi didžiausis, todel srovė i įgyja dydį lygų neigiamam maksimumui ir t.t.

Jei išeitumėm ne iš įtempimo, bet iš srovės br.73, tai prieitumėm prie tos pačios išvados, būtent: *kad paleidimui į kondensatorių kinta-*

mos sinusoidalės srovės reikalingas kintamas sinusoidalis įtempimas, atsiliekąs nuo srovės kampu 90°.

Tikrai, iš 50-os lygties gauname:

$$de = \frac{1}{C} idt \ldots\ldots\ldots$$

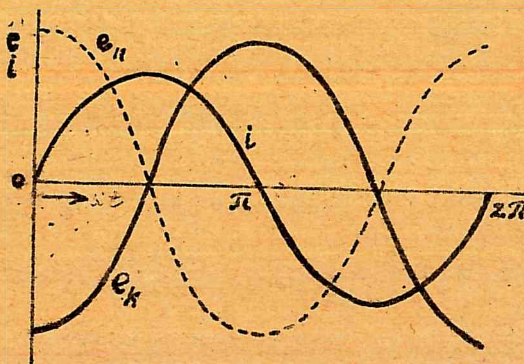
iš kur:

$$e_k = \frac{1}{C}\int idt \ldots\ldots\ldots (61)$$

Jei srovė mainosi sinuso dėsniu, t.y. jei $i = i_{max} sn(\omega t)$, tai:

$$e_k = \frac{1}{C}\int i_{max} \sin(\omega t)dt = -\frac{1}{C\omega} i_{max} \cos(\omega t) = \frac{i_{max}}{C\omega} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) \ldots (62)$$

Dydis $\frac{1}{C\omega}$ turi tokią pat reikšmę, kaip ir dydis $L\omega$ grandinėje su savoindukcija. Jis taipogi matuojasi Ohmais ir vadinasi *talpiniu pasipriešinimu* (Jomkostnoje soprotivlenije-kapazitiwer Widerstand).



Br.73. Pridėto ant kondensatorio bornų ir sudaryto įtempimo phazė.

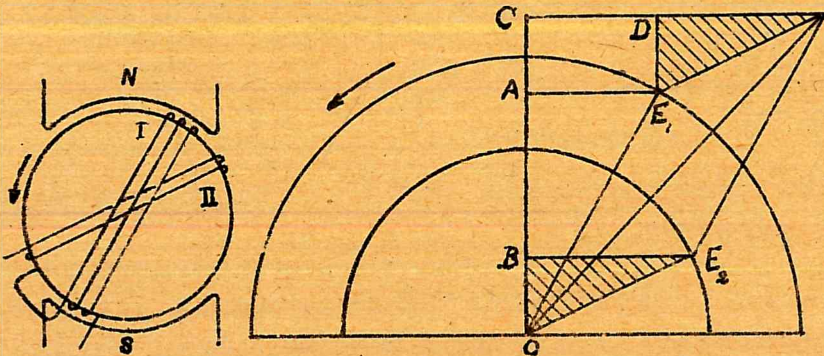
Jei pridėtas prie kondensatoriaus bornų įtempimas išsireiškia formula $e_k = \frac{1}{C\omega} i_{max} sn(\omega t - \frac{\pi}{2})$, t.y. liekasi nuo srovės kampu 90°, tai sudarytas kondensatoriu įtempimas išsireikš ta pačia formula, tiktai su ženklu minus:

$$e = -\frac{1}{C\omega} i_{max} sn(\omega t - \frac{\pi}{2}) \text{ voltų.}$$

Jei pridėtas prie kondensatoriaus bornų įtempimas liekasi nuo srovės kampu 90°, tai sudarytas kondensatoriu įtempimas e pralenkia srovę kampu 90° (žk. br.73).

§ 32. Sudėjimas įtempimų ir išsišakojusių srovių vektorių pagalba.

Įtempimus, kurių fazės ir dydžiai yra įvairus, galima sudėti. Daleiskime, kad ant dvipolinės mašinos inkaro mes turime dvi špulias, kurios yra sujungtos nuosekliai ir kurios turi nevienodą vijų skaičiu, kaip tai nurodyta br. 74-me. Špulia I turi tris vijus, o špulia



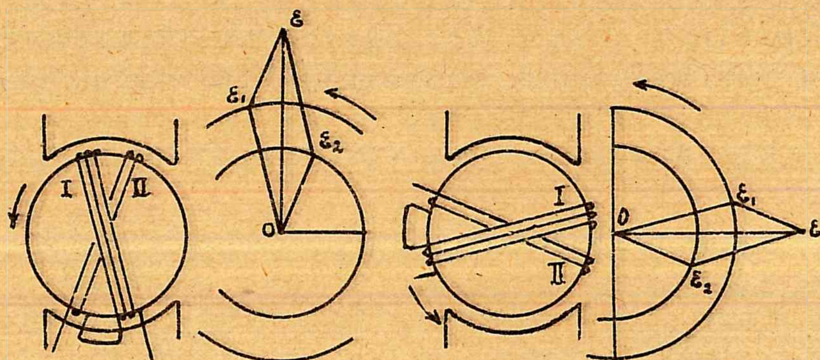
Br.74. Dvi nuosekliai sujungtos špulios d.mašinos inkaro.

Br.75. Sudėjimas įtempimų dviejų inkaro špulių.

II du viju. Todel pirmoje špulioje induktiruojasi didesnis įtempimas, kaip antroje. Vektorius OE_1 ir OE_2, lygus maksimaliams špulių I ir II įtempimų dydžiams, pravesime lygiagrečiai plokštumoms špulių I ir II. Sudėsime vektorius OE_1 ir OE_2 taip, kaip tat daroma su jėgomis. Tuomet gausime vektorių OE, lygų sumai

OE_1 ir OE_2. Ju projekcijos OC, OA ir OB ant vertikalės ašies vaizduoja momentalius įtempimų dydžius, atatinkančius maksimaliams įtempimams OE, OE_1 ir OE_2. Prie to OC = OB+OA, kaip tat seka iš lygių trikampių OBE_2 ir E_1DE (br. 75).

Braižinys 76-as rodo momentą, kuomet abiejų špulių sumarinis įtempimas pasiekia savo



Br. 76. Įtempimų suma lygi maksimumui.

Br. 77. Įtempimų suma lygi nuliui.

maksimumą, o braižinys 77-as, kuomet jis yra lygus nuliui. Tokiu būdu matome, kad, bendrai imant, *įtempimus galima sudėti*.

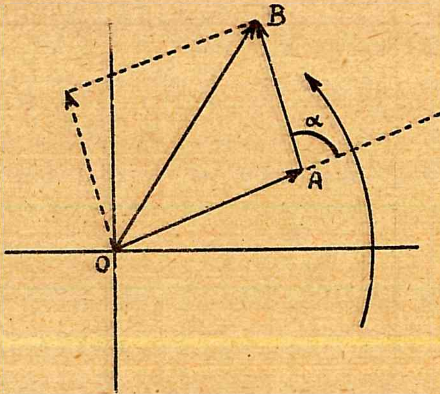
Jei inkaro sukimosi kryptis eina kryptimi, nurodyta ant braižinių 74 - 77, tai įtempimas E_1 savo faze pralenkia įtempimą E_2, o sumarinio įtempimo fazė pralenkia įtempimą E_2, bet atsilieka nuo įtempimo E_1.

Maksimalių įtempimo dydžių vieton galima paimti veikiančius. Tuomet persimainytų tiktai maštabas ir vektorius OE braižiniuose 75-77 vaizduotų *veikiantį įtempimo dydį*.

Tokiu pat būdu galima sudėti ir išsišakojusius magnetinius laukus ir elektros sroves, kurios gali viena nuo kitos skirtis faze ir

dydžiu.

Jei pažymėti vektorių kryptį, tai, sumarinio vektoriaus suradimui, nereikalinga braižyti paralelogramo, bet būtinai reikalinga pažymėti vektorių pradžias ir galus. Jos (pradžios) duodamos vektoriaus kryptimi. Fazės suradimui, reikalinga dar žinoti vektorių sukimosi kryptį. Taip, pav., br. 78-me suma vektorių OA ir AB bus lygi OB.



Br. 78. Vektorių sudėjimas nebraižant paralelogramo.

Prie nurodytos br. 78-me vektorių sukimosi krypties vektorius AB pralenkia savo faze vektorių OA kampu α. Tame pačiame braižinyje taškuota linija nurodyta, kaip reikėtų pasielgti, jei mes paralelogramo pagalba norėtumėm surasti vektorių OA ir AB suma.

§ 33. Ohmo dės is kintamosics srovės grandinėje, kuri sudaryta iš nuosekliai įjungtų ohminio ir induktyvinio pasipriešinimų.

Daleiskime, kad prie kintamosios srovės mašinos bornų prijungtas ohminis pasipriešinimas R nuosekliai su pastovaus induktiviškumo L špulia, kaip tat nurodyta br. 79ª. Ohminiai pasipriešinimai jungiančių vielų ir špulios labai maži, taip kad su tais pasipriešinimais galdma nesiska tyti.

Daleiskime dar, kad bet kokiame momente

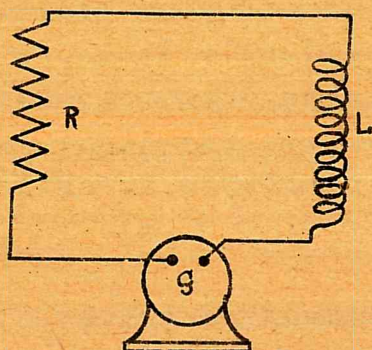
srovė toje grandinėje yra lygi i. Tuomet sudarytoji špulioje savoindukcijos e.v. jėga bus:

$$e_s = -L\frac{di}{dt} \text{ voltų.}$$

Jei įtempimas ant generatoriaus bornų yra e, tai išorinėje grandinėje sunaudotas įtempimas iR bus lygus $e+e_s$, t.y.

$$iR = e+e_s = e-L\frac{di}{dt} \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ (63)$$

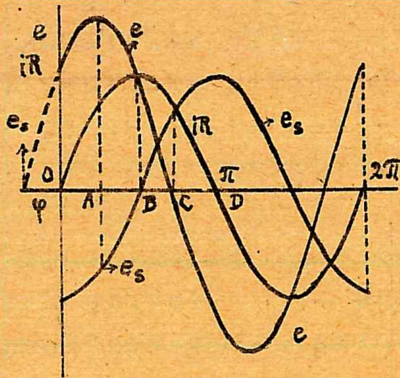
Daleiskime, kad srovė i mainosi sinuso dėsniu. Ant abscisų ašies atidėsime lankus α = = ωt, o sunaudotą įtempimą iR, kuris sutampa savo faze su srovės faze atidėsime ant statmenų abscisų ašiai (br.79). Taipogi ant statmenų ašiai abscisų atidėsime savoindukcijos e.v. jėgą, kuri, kaip matėme § 19-e, atsilieka nuo srovės kampu 90°.



Br.79[a]. Nuosekliai sujungti Ohminis ir induktyvinis pasipriešinimai.

omente ωt = 0 srovė i ir sunaudotas įtempimas iR lygus nuliui, o savoindukcijos e.v. jėga e_s turi savo neigiamą maksimumą. Sulig Ohmo dėsniu sujungtoje grandinėje srovės jėga gali būti lygi nuliui tiktai tuomet, kuomet, veikiantis toje grandinėje, įtempimas lygus nuliui. Tokiu būdu savoindukcijos e.v. jėgos maksimalis dydis e_s turi būti panaikinamas momentaliu dydžiu pridė-

to įtempimo e. Momente A (br.79) sunaudotas grandinėje įtempimas iR teigiamas, o savoindukcijos e.v. jėga neigiama. Reiškia, pridėto įtempimo e dalis yra suvartojama grandinėje kaipo iR, o kita dalis eina ant savoindukcijos e.v. jėgos pergalėjimo.



Br.79. Nuosekliai sujungti Ohminis ir induktyvinis pasipriešinimai.

Momente B savoindukcijos e.v. jėga yra lygi nuliui, todel įtempimas ant bornų e turi būti lygus iR, ka mes ir matome br. 79-me, nes abi kreivos kryžiuojasi viename taške, kuris guli ant statmens abscisų ašiai taške B.

Momente C savoindukcijos e.v. jėga yra lygi sunaudotam įtempimui iR. Reiškia, tą sunaudotą įtempimą iR sudaro savoindukcijos e.v. jėga. Todel pridėtas ant grandinės bornų įtempimas e lygus nuliui.

Jei mes voltmetro pagalba išmatuotumėm įtempimą ant generatoriaus bornų ant pasipriešinimo R galų ir ant galų špulios L, tai pamatytumėm, kad suma paskutinių dviejų įtempimų nelygi įtempimui ant generatiriaus bornų. Tai del to, kad įtempimas, sudarytas savoindukcijos e.v. jėgos, nesutampa savo faze su srovės faze. Ohmo dėsnis, kaip mes jį žinome nuolatinės srovės grandinėje čia teisingas tiktai momentaliams dydžiams, o veikiantiems

dydžiams jau nebetinka. Kad pritaikinus jį veikiantiems dydžiams, reikalinga priimti domėn fazių skirtumą tarp srovės ir įtempimų, kurie veikia grandinėje. Tikrai, kaip matome iš braižinio 79-to, įtempimas e ant generatoriaus bornų pralenkia fazę srovės lanku CD. Reiškia, įtempimas pasiekia savo maksimumą ankščiau negu srovė. Kampą fazių skirtumo tarp srovės ir įtempimo ant bornų vadina *fazių skirtumo kampu* ir skaito jį teigiamu, kuomet įtempimas pralenkia srovę.

Vietoje savoindukcijos e.v. jėgos, kuri nuo srovės atsilieka kampu 90°, įvesime jai lygų, bet priešingą įtempimą, taip vadinamą, *induktyvį įtempimo kritimą* arba *sunaudotą induktyvį įtempimą* (Induktiver Spannungsverlust). Tas induktyvis įtempimo kritimas savo faze pralenkia srovę 90°.

Lygtį 62-ą parašysime sekančiai:

$$e = iR + L\frac{di}{dt} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (64)$$

Iš tos lygties seka, jog įtempimas ant bornų generatoriaus kiekviename momente lygus sumai sekančių įtempimų: įtempimo iR ir sunaudoto induktyvio įtempimo $+L\frac{di}{dt}$. Įtempimą iR vadinsime *veikiančiu įtempimu* (Wirkspannung), o sunaudotą induktyvį įtempimą $+L\frac{di}{dt}$ vadinsime *žlibu įtempimu* (Blindspannung).

Iš 30 formulos § 19 seka, kad savoindukcijos e.v. jėgos maksimalis dydis išsireiškia formula: $e_{s.max} = -L\omega i_{max}$, o veikiantis $\mathcal{E}_s = J.L\omega$.

Kaip sunaudotas induktyvis įtempimas, taip ir savoindukcijos e.v. jėga gali būti išreik-

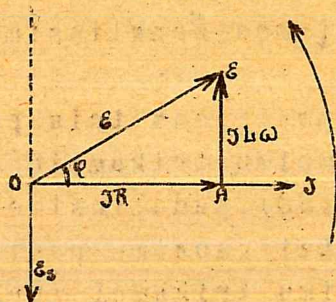
šti vektoriais. Tiktai sunaudoto induktyvio įtempimo vektorius privalo turėti kryptį, priešingą savoindukcijos e.v. jėgos vektoriaus krypčiai. Veikiantį sunaudoto induktyvio įtempimo dydį ženklinsime $J.L\omega$ panašiai į tą, kaip yra ženklinamas veikiantis sunaudoto įtempimo dydis ohminiame pasipriešinime JR .

Išreikšime vektoriais įtempimus, ryšis tarp kurių parodytas 63 lygtini. Daleiskime, kad vektorius OJ (br.80), pravestas horizontaliai, vaizduoja srovę, kuri išsireiškia lygtimi:

$$i = i_{max} sn\omega t.$$

Reiškia, braižinys 80-as vaizduoja padėtį pradiniame momente, t.y. kuomet t = 0.

Sunaudotas įtempimas JR (veikiantis to įtempimo dydis) sutampa savo faze su srovės faze. Savoindukcijos e.v. jėga turi būti išreikšta vektoriu, kuris nuo fazės srovės atsilieka kampu 90°, o sunaudotas induktyvis įtempimas $J.L\omega$ lygus savoindukcijos e.v. jėgai, bet turi priešingą kryptį, Reiškia, jis išsireikš vektoriu lygiu savoindukcijos e.v. jėgos vektoriui, bet priešingos krypties. Kadangi įtempimas ant bornų lygus geometrinei



Br.80. Nuosekliai sujungti Ohminis ir induktyvinis pasipriešinimai.

sumai sunaudoto įtempimo ohminiame pasiprieši-

nime ir sunaudoto induktyvio įtempimo, tai jis išsireikš vektoriu OE (br.80). Iš stačiakampio trikampio OAE turime:

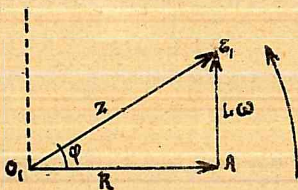
$$\mathcal{E}^2 = (JR)^2 + (J.L\omega)^2$$

iš kur

$$J = \mathcal{E} : \sqrt{R^2 + (L\omega)^2} \quad \ldots\ldots (85)$$

Kaip jau § 19-me buvo minėta $L\omega$ vadinasi *induktyviu vasipriešinimu*. Jis turi tokias pat išmieras $l.t^{-1}$, kaip ir ominis pasipriešinimas R.

Jei L išreikštas Henry ir kadangi 1 Henry taip pat, kaip ir Ohmas lygus 10^9 apsoliutinių vienetų, tai induktyvinis pasipriešinimas $L\omega$ taipogi tiesiog išsireikš Ohmais. Pasipriešinimas R, kad atskyrus jį nuo $L\omega$, vadinamas *ohminiu pasipriešinimu*. (Wirkwiderstand). Reiškinys $\sqrt{R^2+(L\omega)^2}$ vadinasi *besirodančiu pasipriešinimu* (Scheinwuderstand-kažuščejesia soprotivlenije). Jį mes ženklinsime raide Z.



Br.81. Pasipriešinimų trikampis.

Jei mes visas tris puses įtempimų trikampio OAE (br.80) padalinsime iš J, tai gausime pasipriešinimų trikampį (br. 81). Tame stačiakampyje trikampyje *besirodantis pasipriešinimas* yra jo hypotenūza, o katetai ohminis ir induktyvinis pasipriešinimai. Kampas skirtumo fazių φ

tarp įtempimo ir srovės lygus kampui, kurį sudaro besirodančio pasipriešinimo vektorius su ohminio pasipriešinimo vektoriu, skaitant tų sektorių judėsio kryptimi. Iš viršišdėstyto seka: $Z = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2}$.

$$\cos\varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2+(L\omega)^2}} = \frac{R}{Z}; \quad \sin\varphi = \frac{L\omega}{\sqrt{R^2+(L\omega)^2}}; \quad tg\varphi = \frac{L\omega}{R}.$$

§ 34. Ohmo dėsnis kintamosios srovės grandinėje, sudarytoje iš nuosekliai įjungtų ohminio ir talpinio pasipriešinimų.

Iš 62-os lygties § 31 seka, kad pridėto prie kondensatoriaus bornų sinusoidalio įtempimo maksimalis dydis išsireiškia formula:

$$e_{max} = \frac{i_{max}}{C\omega} \quad \ldots\ldots\ldots (66)$$

(Nekreipiame domės į ženklą antroje tos lygties dalyje).

Veikiantį dydį E pridėto prie kondensatoriaus bornų įtempimo sulig § 28 gausime padalinus įtempimo dydį iš šaknies iš dviejų.

Todel veikiantis pridėtojo prie kondensatoriaus bornų įtempimo dydis išsireikš formula:

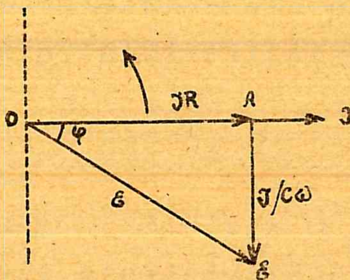
$$\mathcal{E} = \frac{\mathcal{J}}{C\omega} \quad \ldots\ldots (67)$$

Jei nuosekliai su kondensatorium, talpumo C faradu, įjungtas ohminis pasipriešinimas R Ohmų, tai momentalis pridėto įtempimo dydis e išsireikš formula:

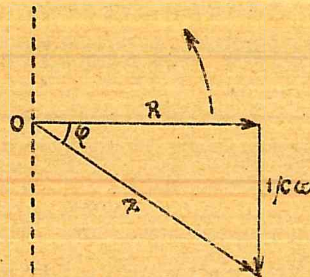
$$e = iR + \frac{1}{C}\int idt \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (68)$$

kur i yra momentalis srovės dydis.

Prie sinusoidalės srovės veikiantis įtempimas ant bornų grandinės lygus geometrinei sumai sekančių įtempimų: įtempimo JR, kuris savo faze sutampa su srovės faze ir įtempimo $J\frac{1}{C\omega}$, kuris atsilieka nuo srovės fazės kampu 90°. Įtempimas $J\cdot\frac{1}{C\omega}$ taip pat kaip ir įtempimas $J\cdot L\omega$ yra žlibas *įtempimas*. Jis vadinasi *talpiniu įtempimu* (Kapazitive Spannung). Veikiančius talpinio $J\cdot\frac{1}{C\omega}$ ir ohminio JR įtempimų dydžius



Br.82. Nuosekliai sujungti Ohminis pasipriešinimas ir talpumas.



Br.83. Pasipriešinimų trikampis.

sudėsime tokiu pat būdu, kaip darėme § 33 su įtempimais $J\cdot L\omega$ ir JR. Rezultatai to parodyti br. 82-me.

Jei mes visus vektorius (br.82) padalinsime iš J, tai gausime stačiakampį pasipriešinimų trikampį (br.83). Tame trikampyje

$$Z = \sqrt{R^2 + (1/C\omega)^2} = \frac{E}{J}$$

ir vadinasi besirodančiu pasipriešinimu; R vadinasi ohminiu pasipriešinimu, o $1/c\omega$ talpiniu pasipriešinimu.

Skirtumas fazių srovės ir įtempimo išsireikš formulomis:

$$tg\varphi = -\frac{1/c\omega}{R}$$

$$\cos\varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2+(1/c\omega)^2}} = \frac{R}{Z}$$

$$\sin\varphi = -\frac{1/c\omega}{\sqrt{R^2+(1/c\omega)^2}} = -\frac{1/c\omega}{Z}$$

§ 34. Bendra Ohmo dėsnio formula kintamosios srovės grandinei.

Jei kintamosios srovės grandinė sudaryta iš nuosekliai sujungtų ohminio, induktyvinio ir talpinio pasipriešinimų, tai sulig viršisdėstyto momentalis įtempimo dydis ant tos grandinės bornų išsireikš formula:

$$e = iR + L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int idt \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (70)$$

Jei srovė sinusoidalė, tai įtempimas JR savo faze sutampa su srovės faze, įtempimas $JL\omega$, priešveikiantis savoindukcijos e.v. jėgai, pralenkia fazę srovės kampu 90°, o įtempimas $J \cdot 1/c\omega$ liekasi nuo srovės kampu 90°.

Geometrinė tų trijų įtempimų suma duoda veikiantį ant grandinės bornų įtempimą. Braižinys 84 duoda tų įtempimų kryptį ir dydžius.

Jei $AE = J.L\omega - J.1/c\omega$, tai geometrinė suma iš

OA ir AE bus lygi visų trijų įtempimų sumai. Reiškia:

$$\mathcal{E}=\sqrt{(JR)^2+J^2(L\omega-1/c\omega)^2}=J\sqrt{R^2+(L\omega-1/c\omega)^2} \quad . \; . \; (71)$$

Lygtis 71 ir yra *endra Ohmo dėsnio formula kintamosios srovės grandinei.*

Padalinus vektorius visų įtempimų iš J,

Br.84. Nuosekliai sujungti Ohminis, induktyvinis ir talpinis pasipriešinimai.

Br.85. Pasipriešinimų trikampis.

gausime pasipriešinimų piešinį br.85. Tame braižinyje R yra ohminis, $(L\omega-1/c\omega)$ *žlibas pasipriešinimas* ir $\sqrt{R^2+(L\omega-1/c\omega)^2}=Z$ *besirodantis pasipriešinimas.* Fazių skirtumo kampas išsireiškia formulomis:

$$tg\varphi=\frac{L\omega-1/c\omega}{R} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (72)$$

$$\cos\varphi=\frac{R}{\sqrt{R^2+(L\omega-1/c\omega)^2}}=\frac{R}{Z} \quad . \; . \; . \; . \; (73)$$

$$\sin\varphi=\frac{L\omega-1/c\omega}{\sqrt{R^2+(L\omega-1/c\omega)^2}}=\frac{L\omega-1/c\omega}{Z} \quad . \; . \; . \; . \; (74)$$

§ 35. R e z o n a n s a s.

Jei špulia eina kintamoji srovė, tai toje špulioje susidaro magnetinis laukas, kuris, pasiekęs tam tikrą aksimumą, pranyksta ir paskiau vėl susidaro, bet priešingos krypties; paskiau vėl pranyksta ir t.t.

Kad sudarius magnetinį lauką, generatorius turi išleisti tam tikrą energijos kiekį § 14 formula 0. Toji energija susirenka magnetiniame lauke ir, jam išnykus, grįžta atgal į generatorių, jei lauke nėra nuostolių. Tokiu būdu tarp generatoriaus ir špulių įvyksta,. taip sa ant, be pertraukos energijos judėsys.

Br. 71-me kreiva i vaizduoja srovę, kuri eina špulia. Laike pirmo periodo ketvirtadalio generatorius atiduoda energiją magnetiniam laukui. Laike antro periodo ketvirtadalio srovė mažėja, magnetinis laukas išnyksta ir jo energija grįžta atgal į generatorių. Laike antro ketvirtadalio darbas, santyky su pirmo periodo ketvirtadalio darbu, bus neigiamas. Trečiame ir ketvirtame periodo ketvirtadalyje kartojasi tas pat, ką matėme pirmuose dviejuose periodo ketvirtadaliuose. Grafiniai magnetinio lauko darbas vaizduojamas kreiva ei braižinio 71-mo.

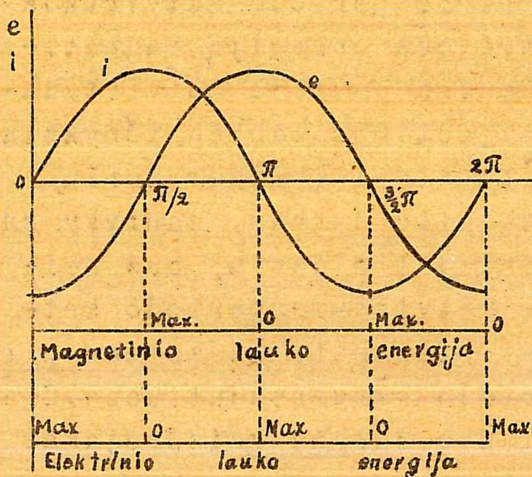
Tas pat įvyksta ir elektriniame lauke. Kondensatorius, įjungtas į kintamosios srovės grandinę, nuolat įsilydina ir išsilydina. Prie įlydinimo į kondensatorių eina energija, kuri, kondensatoriui išsilydinant, pilnai grįžta, jei nėra nuostolių. Čia taipogi turime, taip sakant, nuolatinį energijos judėsį tarp kon-

densatoriaus ir generatoriaus. Br. 72-o kreiva e vaizduoja sudarytą kondensatoriu įtempimą, o kreiva A_t darbą.

Jei kintamosios srovės grandinėje yra abudu (magnetinis ir elektrinis) laukai, tai energija tų laukų vaizduojasi sekančiai. Daleiskime, kad kreiva i vaizduoja srovę br.86, o kreiva e sudaryta kondensatoriu įtempimą. Surinktos magnetiniame lauke energijos maksimumas ištinka sykiu su srovės maksimumu, t.y. momentuose:

$$\frac{T}{4},\ 3/4T \text{ ir t.t.}$$

Surinktosios kondensatoriuje energijos maksimumas ištinka sykiu su maksimumu įtempimo ant kondensatoriaus bornų, reiškia, momente 0, $\frac{T}{2}$ ir T. Br.86-as vaizduoja abiejų laukų energijas. Iš to braižinio matome, kad, kuomet magnetinio lauko energija teigiama, tuomet elektrinio



Br.86. Magnetinio ir elektrinio lauko energijos.

lauko energija neigiama. Tokiu būdu čia turime tokį atsitikimą, jog energija nuolat pereina iš magnetinio lauko į elektrinį ir atgal iš elektrinio į magnetinį. Jei magnetinio ir

elektrinio lauko energijos lygios, tai ištinka nuolatinis magnetinės energijos perkeitimas į elektrinę. Tokiame atsitikime sakoma, kad įvyko *rezonansas*. Rezonanso ištikimui, reiškia, reikalingas magnetinio ir elektrinio laukų energijų lygumas, t.y.

$$^1/_2 L i^2_{max} = {}^1/_2 . C e^2_{max} \quad . . . . (75)$$

Kaip seka iš formulos (10) § 14 magnetinio lauko energija išsireiškia: $A = -i.W.\Phi.10^{-8}$ Jouleių ir kadangi sulig 25 formula § 18 $L = \frac{10^{-8} W.\Phi}{i}$, tai magnetinio lauko energija bus:

$$A = {}^1/_2 . L i^2_{max}.$$

Elektrinio lauko energija sulig § 26 išsireiškia formula $\frac{Ce^2_{max}}{2}$.

Abiejų laukų energijų lygumas įvyksta tuomet, kai grandinėje su nuosekliai įjungtais savoindukcija ir talpumu:

$$L\omega = {}^1/C\omega \quad . . . . (76)$$

t.y., kai lygtyje $\mathcal{E} = \mathfrak{J}\sqrt{R^2 + (L\omega - {}^1/C\omega)^2}$ reiškinys $L\omega - {}^1/C\omega = 0$.

Iš 76-os lygties gauname:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad . . . . (77)$$

Priimant domėn, kad $\omega = 2\pi N$, kur N yra srovės dažnumas, gauname:

$$N = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad . . . . . (78)$$

Prie to dažnumo Ohmo dėsnis išsireikš:

$$\mathcal{E} = JR$$

Reiškia, toje grandinėje prie dažnumo $N = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}}$ srovės jėga priklauso tiktai nuo Ohminio pasipriešinimo R ir mašinos įtempimo $\mathcal{E}$; induktyvio ir talpinio pasipriešinimų vis tiek kaip ir nė a. Gauname maksimalę srovės jėgą. Elektrogamyklų eksploatacijoje rezonansas turi labai didelę reikšmę. Tas paaiškės iš sekančio pavyždžio, kurį mes imame iš Thomaleno: Mašinos įtempimas E = 10.000 voltų, jos induktiviškumas L = 0,4 Henry, kabelio talpumas C = $2,5.10^{-6}$ faradų, pasipriešinimas abiejų vielų kabelio 5 Ohmai. Induktiviškumas kabelio nepriimamas domėn, nes jis labai mažas. Srovės dažnumas N = 50. Kabelį galima sau įsivaizdinti, kaipo kondensatorių, prijungtą vidury tarp mašinos ir kabelio galų. Ohminį kabelio pasipriešinimą tarp mašinos ir kondensatoriaus tuomet galime priimti lygiu 2,5 Ohmams. Prie nurodyto dažnumo N = 50 visas grandinės žlibas pasipriešinimas bus:

$$L\omega - \frac{1}{C\omega} = 0{,}4.\,6{,}28.50 - \frac{10^6}{2{,}5.50.6{,}28} = 126 - 1275 = -1149.$$

Srovė, kuri eina kabeliu bus:

$$J = 10000 : \sqrt{2{,}5^2 + (-1149)} = 8{,}7 \text{ Amperų.}$$

Fazių skirtumas toje grandinėje sudaro kampą bemaž -90°, cosφ bemaž nuliu, todel ir grandinės galia lygi bemaž nuliui. Klausimas, prie kokio dažnumo srovės jėga pasieks toje grandinėje maksimumą, jei paliks tie patys

įtempimo, induktiviškumo ir talpumo dydžiai? Tą dažnumą N gauname iš formulos:

$$N = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{6{,}28\sqrt{2{,}5 . 10^{-6} . 0{,}4}} = 160.$$

Prie to dažnumo srovės jėga bus:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{10.000}{2{,}5} = 4.000 \text{ Amperų.}$$

O kondensatoriaus ir savoindukcijos sudaryti įtempimai bus:

$$J . 1/c\omega = J . L\omega = 0{,}4 . 2\pi . 160 . 4000 = 162 . 10^{6} \text{ voltų.}$$

Suprantama, jog tokio įtempimo ir srovės jegos neišlaikys kabelis, apskaitliuotas 10.000 voltų ir nedidelei srovės jėgai. Tokiam aukštam įtempimui, bendrai imant, kabeliai ir negaminami. Elektros pramonėje vartojama dažniausiai srove dažnumo 50 periodų. Mūsų išskaitliuotas pavojingas dažnumas, reiškia, randasi dar toli nuo vartojamųjų praktikoje srovės dažnumų. Tačiau, jei mašinos įtempimo kreivoji nesinusoidalė, pav., turi sudedamas trečios eilės sinusoidas, tai dažnumas 160 tokioms mašinoms jau tampa pavojingas, nes trečios eilės sinusoida, prie pagrindinės sinusoidos dažnumo 50, turės dažnumą lygų 150.

V. MAGNETINIŲ IR ELEKTRINIŲ VIENETŲ APŽVALGA.

A. *Magnetiniai dydžiai.*

1. *Magnetizmo vienetas arba polio stiprumas:* ($m_o = l^{3/2}.m^{1/2}.t^{-1}$). Tą reiškinį gauname iš lygties mechaninei jėgai, kuri veikia tarp dviejų taško pavidalo polių. Toji jėga sulig Coulombo dėsniu išsireiškia:

$$p = \frac{m_1 . m_2}{l^2}$$

Prie $m_1 = m_2$ gauname:

$$p = \frac{m_o^2}{l^2}$$

Kadangi mechaninės jėgos išmieros išsireiškia $l.m.t^{-2}$, tai:

$$m_o^2 : l^2 = l.m.t^{-2}, \text{ iš kur}$$

$$m_o = l^{3/2}.m^{1/2}.t^{-1}$$

Už „magnetizmo vienetą" priimtas toks taško pavidalo polis, kuris veikia į kitą tokį pat polį vieno centimetro atstume jėga lygia vienai dynai. Jis vadinasi 1 Weberiu.

2. *Magnetinio lauko stiprumas:* ($H = l^{-1/2}.m^{1/2}.t^{-1}$)

Magnetinio lauko stiprumą H matuojama jėga,

kuria tas laukas veikia į polio vienetą. Reiškia, lauko stiprumo išmieros bus:

$$H = \frac{P}{m_0} = \frac{l.m.t^{-2}}{l^{3/2}.m^{1/2}.t^{-1}} = l^{-1/2}.m^{1/2}.t^{-1}$$

Lauko stiprumas lygus vienetui, jei tas laukas į 1 Weberį veikia jėga, lygia vienai dynai.

Lauko stiprumo vienetas dažnai vadinamas vienu Gaussu taip pat, kaip indukcijos vienetas. Jei sakoma, kad lauko įtempimas lygus H Gaussų, tai jėga P, kuria tas laukas veikia į polį m, išsireiškia P = mH dynų.

3. *Magnetinė indukcija*: ($B = l^{-1/2}.m^{1/2}.t^{-1}$)

Ji matuojama indukcijos veikimais, kuriuos sudaro magnetinio lauko ploto vienetas. Už magnetinės indukcijos vienetą priimta indukcija vieno centimetro atstumę nuo polio vieneto. Indukcija ir lauko stiprumas turi vienodas išmieras. Indukcijos vienetas 1 Gaussas ore išsireiškia tokiais pat skaičiais, kaip ir lauko stiprumas.

4. *Lyginamasis magnetinis laidumas* (μ) yra atitrauktas skaičius, nes jis gaunamas, kaipo santykis indukcijos ir lauko stiprumo.

5. *Magnetinis įtempimas*: ($Hl = l^{1/2}.m^{1/2}.t^{-1}$)

Magnetiniu įtempimu vadinasi darbas, kurį atlieka laukas polio vienetui judant. Todel jis gaunamas, kaipo jėgos iš ilgio kelio sandauga (P.l). Jis matuojamas Ergais/Weberio.

6. *Indukcijos sriautas*: ($\Phi = l^{3/2}.m^{1/2}.t^{-1}$)
yra sandauga indukcijos iš ploto (B.s). Todel jo išmieras gausime padauginę indukcijos išmieras iš išmierų ploto..Indukcijos sriauto

vienetas 1 Maxwellis yra sriautas per vieną kvadratinį centimetrą ploto prie indukcijos, lygios vienam Gaussui. Indukcijos sriautas per paviršių, kuris apsiaučia polį m, lygus $4\pi m$ Maxwellių.

Už vamzdį-vienetą priimtas toks vamzdis, per skersinį piūvį kurio sriautas lygus 1 Maxwelliui. Polio vienetas (Weberis) leidžia erdvėn 4π vamzdžių vienetų (Maxwellių).

7. *Magnetinis laidumas* (M = l) proporcingas santykiui tarp indukcijos sriauto ir magnetinio įtempimo. Todel jo išmieras sudaro ilgis (l). Magnetinis laidumas išsireiškia $M = \frac{0{,}4\pi \mu S}{l}$. Atvirkštinis dydis vadinamas magnetiniu pasipriešinimu.

B. Elektriniai dydžiai.

8. *Elektrinis įtempimas* ($e = l^{3/2} \cdot m^{1/2} \cdot t^{-2}$) yra darbas, kurį atlieka laukas elektros kiekio vienetui judant. Tasai darbas lygus indukcijos sriauto persimainymui vienos sekundos laikotarpy. Už apsoliutinį įtempimo vienetą priimtas įtempimas, kuris induktiruojasi viename vijyje, kuomet magnetinis indukcijos sriautas, kuris tą vijį perveria, laikotarpyje vienos sekundos mainosi vienu Maxwelliu. Apsoliutinį įtempimo vienetą galima dar gauti tuomet, kai *vieno centimetro ilgio laidininkas greitumu vieno centimetro į sekundą juda statmenai lauko linijoms ir skersai tokio magnetinio lauko, kurio indukcija yra lygi 1 Gaussui.* 10^8 apsoliutinių įtempimo vienetų vadinama 1 voltu. *Elektrinio įtrmpimo išmieras gausime padalinę sriauto išmieras iš laiko išmierų.*

9. *Elektros srovės jėga* ($i = l^{1/2} . m^{1/2} . t^{-1}$) sulig perverimo dėsniu proporcinga magnetiniam įtempimui.

$$\int H_e . dl = 4\pi . i . W . 10^{-8} \text{ Joule/Weber'o, arba}$$

$$\int H_e \, dl = 0{,}4\pi . i . W \text{ Ergų/Weberio.}$$

Jei magnetinis įtempimas $\int H_e . dl$ *Ergais/Weberio lygus 4, tai srovės jėga vijyje lygi apsoliutiniam vienetui.* Toji srovės jėga su apsoliutiniu įtempimo vienetu duoda galią 1 Ergo/sek. Dešimtą apsoliutinio srovės jėgos vieneto dalį priimta už vienetą praktikoje ir vadinama 1 Amperu. Srovės jėgos išmieros tokios pat, kaip ir magnetinio įtempimo.

10. *Elektros kiekį gausime padauginę srovės jėgą iš laiko.* Todėl elektros kiekio išmieros bus: ($Q = l^{1/2} . m^{1/2}$). Apsoliutinį elektros kiekio vienetą gausime, jei laike vienos sekundos eis srovė lygi apsoliutiniam srovės vienetui (10 Amp.). Dešimta apsoliutinio elektros kiekio vieneto dalis vartojama praktikoje, kaipo vienetas ir vadinasi 1 Coulombu, arba 1 amper sekunda.

Jei elektros kiekis Q išreikštas Coulombais, o įtempimas E voltais, tai darbas išsireiškia Jouleiais, būtent A = EQ Jouleių. Apsoliutinis elektros kiekio vienetas 3.10^{10} kartų didesnis už statinį elektros kiekio vienetą.

Elektrostatiniu elektros kiekio vienetu vadinasi toks elektros kiekis kuris veikia į kitą tokį pat elektros kiekį vieno centimetro

atstume jèga, lygia vienai dynai. *Todel elektrostatinio el ktros kiekio vieneto išmie·os bus tokios pat, kaip ir magnetizmo vieneto, t. y.* $l^{3/2}, m^{1/2}, t^{-1}$.

Priimant domèn, kad 3.10^{10} yra šviesos greitumas C, išreikštas centimetrais per sekundą, matome, jog apsoliutinis elektros kiekio vienetas nuo elektrostatinio vieneto skiriasi greitumo išmieromis.

Iš statinio elektros kiekio vieneto galima surasti santykį tarp 1 volto ir statinio įtempimo vieneto. Statinis įtempimo vienetas su statiniu elektros kiekio vienetu duoda darbą, lygų 1 Ergui, t.y.

$10.C^{-1}$ Coulombų × iš statinio įtemp. vieneto= = 1 Ergui, arba

$10.C^{-1}$ Coulombų × iš statinio įtemp.vieneto = = 10^{-7} Jouleių, iš kur:

$$\text{Statinis įtempimo vienetas} = \frac{10^{-7}}{C^{-1}.10} = \frac{C}{10^{8}} =$$

$$= \frac{3.10^{10}}{10^{8}} = 300 \text{ voltų.}$$

11. Elektrinès grandinès pasipriešinimas ($r = l.t^{-1}$) yra santykis tarp įtempimo ir srovès jègos. Todel jo išmieras gausime padalinę įtempimo išmieras iš srovès jègos išmierų. Rezultate gauname tokias pat pasipriešinimo išmieras, kaip greitumo. *Reiškia, apsoliutinis pasipriešinimo vienetas yra 1 cm/sek.*

Technikiniu pasipriešinimo vienetu vadinasi toks pasipriešinimas, kuriame 1 voltas sudaro srovę 1 Ampero. Toks vienetas vadinasi 1

Ohmu. Sulig valstybės įstatymu 1 Ohmą sudaro pasipriešinimas gyvojo sidabro siūl kurio skersinis piūvis lygus 1 mm^2 ir ilgis 106,3 cm. prie temperatūros 0°C.

Kadangi 1 voltas = 10^8 apsoliutinių įtempimo vienetų, o 1 Amperas = 10^{-1} apsoliutinių sroyės jėgos vienetų, tai

$$1 \text{ Ohmas} = \frac{1v}{1A} = \frac{10^8 \text{ Aps.įtemp.vienetų}}{10^{-1} \text{ Aps.sr.jėgos vienetų}} =$$

$= 10^9$ Aps.pas. vienetų.

12. Induktiviškumas (L = 1). Jo išmieras gausime iš formulos:

$$= -L\frac{di}{dt}$$

iš kur:

$$L = \frac{l_s.dt}{di} = \left[\frac{l^{3/2}.m^{1/2}.t^{-2}.t}{l^{1/2}.m^{1/2}.t^{-1}}\right] = l$$

Reiškia, apsoliutinis savoindukcijos vienetas yra 1 centimetras. Už technikinį induktiviškumo vienetą priimtas induktiviškumas tokios špulios, kurioje induktiruojasi įtempimas lygus 1 voltui, jei toje špulioje laike 1 sekundos srovės jėga tolygiai mainosi vienu amperu. Tas vienetas vadinasi 1 Henry. Kadangi 1 voltas = 10^8 apsoliutinių įtempimo vienetų ir 1 Amp = 10^{-1} apsoliutinių srovės jėgos vienetų, tai 1 Henry = $10^8 : 10^{-1} = 10^9$ apsoliutinių induktiviškumo vienetų, reiškia lygus 10^9 cm.

13. Elektrinė indukcija dielektrike

($D = l^{-\frac{3}{2}} . m^{\frac{1}{2}}$) yra įlydis ploto vienetui. Todel elektrinės indukcijos išmieras gauname padalinę elektros kiekio išmieras iš ploto išmierų. Elektrinė indukcija matuojama Coulombais ant vieno kvadratinio centimetro.

14. *Elektrinis sriautas* (Q = $l^{\frac{3}{2}} . m^{\frac{1}{2}}$) yra sandauga elektrinės indukcijos iš ploto. Todel elektrinio sriauto išmieros tokios pat, kaip ir elektros kiekio išmieros.

15. *Elektrinio lauko stiprumas* ($\mathcal{E} = l^{\frac{1}{2}} . m^{\frac{1}{2}} . t^{-2}$) yra elektrinis įtempimas ilgio vienetui. Reiškia, lauko stiprumas yra darbas, kurį atlieka elektrinis laukas, kuomet elektros kiekio vienetas tame lauke juda ant ilgio kelio, lygaus vienam centimetrui. Elektrinio lauko stiprumas matuojamas jėga, kuria tas laukas veikia į elektros kiekio vienetą. Jo išmieras gausime padalinę įtempimo išmieras iš ilgio išmierų. Praktikoje vartojamą vienetą:

$$1 \frac{volt}{cm} = 1 \frac{Joule}{Culomb \times cm} = \frac{10^7 Ergų}{Culomb \times cm} = \frac{10^7 dynų}{Culombo}$$

Jei įtempimas e išreikštas voltais, o ilgis l centimetrais, tai lauko stiprumas $\mathcal{E} = \frac{e}{l}$ volt/cm.

16. *Lyginamasis elektrinis laidumas arba elektrinio laidumo galia* ($\varepsilon \frac{10^9}{4\pi c^2} = l^{-2} . t^2$) yra santykis *tarp elektrinės indukcijos ir lauko stiprumo*. Jo išmieras apsoliutinėje matų sistemoje gausime padalinę indukcijos išmieras iš lauko stiprumo išmierų. Kaip matome, elektrinio laidumo galia neatitrauktinis skaičius, tuo tarpu, kai lyginamasis magnetinis laidumas yra atitrauktinis skaičius.

17. *Talpumas* (C = $l^{-1} . t^2$) yra *santykis tarp*

elektros kiekio ir įtempimo. Jo išmieras gauname padalinę elektros kiekio išmieras iš įtempimo išmierų. Priimtas praktikoje talpumo vienetas vadinasi viena Farada. Farada yra tokio kondensatoriaus talpumas, kuris įgyja įlydį, lygų vienam Coulombui prie įtempimo, lygaus vienam voltui. Jei C yra talpumas, išreikštas faradomis, E - įtempimas - voltais, tai elektros kiekis Q = CE Coulombų.

Kadangi 1 Coulombas = 10^{-1} apsoliutinių elektros kiekio vienetų ir 1 voltas = 10^{8} apsoliutinių įtempimo vienetų, tai

$$1 \text{ Farada} = \frac{1 \text{ Coulomb}}{1 \text{ Volt}} = \frac{10^{-1}}{10^{8}} = 10^{-9} \text{ apsoliuti-}$$

nių talpumo vienetų. Į talpumą galima žiūrėti, kaipo į elektrinės grandinės dielektrike pralaidumą. Tame atsitikime talpumas C išsireikš formula:

$$C = \varepsilon \cdot \frac{10^{9}}{4\pi c^{2}} \cdot \frac{S}{l} \text{ faradų}$$

kur S ir l piūvis ir ilgis kondensatoriaus dielektriko, o $\varepsilon \frac{10^{9}}{4\pi c^{2}}$ koeficientas.

VI. NUOLATINĖS SROVĖS GENERATORIAI.

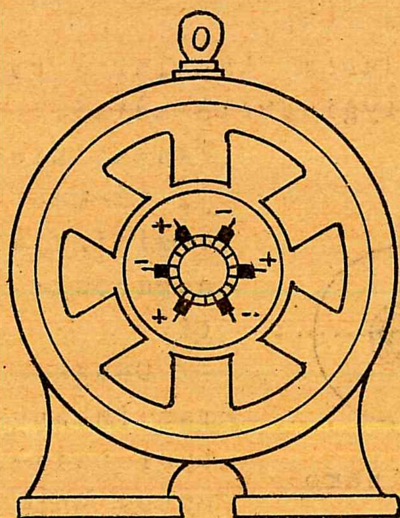
§ 37. *Nuolatinės srovės generatorio konstrukcija.*

Bemaž išimtinai nuolatinės srovės generatoriai darosi tokiu būdu, kad vielos, kuriose induktiruojasi e.v. jėga, juda prieš ramiai stovinčius šiaurės ir pietų magneto polius. Tose vielose atsiranda kintamoji srovė. Pagalba tam tikro komutatorio, vadinamo kolektoriu, kintamoji srovė, išeinant iš mašinos, perkeičiama į nuolatinę srovę.

Mašinos dalis, kurios vielose susidaro e. v. jėga, *vadinama inkaru arba armatura.* Ji susideda iš geležinio cilinderio-pavidalo bubno, kurį galima sukti apie ašį. Ant to cilinderio užviniotos izoliruotos nuo jo korpuso vielos, taip vadinama apsuka (obmotka). Aplink imkarą simetriniai stovi nejudamieji magnetų poliai. Jie turi radialią kryptį į vidų. Ant tų polių uždėtos špulios, kuriomis leidžiama nuolatinė srovė, kuri sudaro pačiuose poliuose magnetinį lauką. Ta nejudomoji dalis mašinos vadinasi *induktoriais, arba magnetine mašinos stanina.* Srovė kuri eina induktorių apsuka vadinasi *sužadinimo srove,* nes ji sužadina induktoriuose magnetizmą. Braižinys 87 rodo schemą panašios mašinos.

Tarp inkaro ir magnetų yra labai siauras oro protarpis. Jis vadinasi *tarpgeležine erd-*

ve (meždu železncje prostranstvo). Magneto poliai galuose atkreiptuose į inka.ą turi pritaisytas taip vadinamas *polių galūnes*. Jos duoda galimybę tam tikrai paskirstyti indukcijos linijas, kuomet jos pereina iš polio į inkarą.



Br.87. Dinamo mašinos nuolatinės srovės schema.

Sykiu su karu sukasi kolektorius pritaisytas ant inkaro ašies. Kolektoriaus paviršių liečia nejudomieji šepečiai. Jie pagalba lanksčių izoliruotų vielų sujungti su mašinos bornais ir sudaro kelią srovei nuo kolektoriaus iki mašinos bornų.

Bendrai imant, nuolatinės srovės mašina turi tiek šepečių, kiek yra mašinoje magnetinių laukų. Kaip vienas paskui kitą eina šiaurės ir pietų poliai mašinoje, taip paskui kiekvieną teigiamą šepetį seka neigiamas.

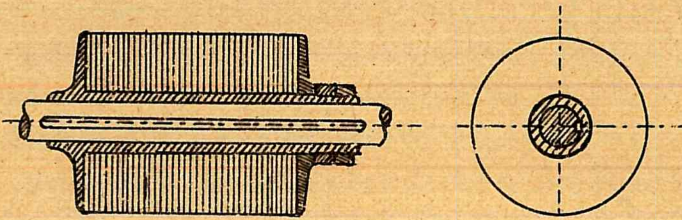
Inkaras. Dinamo mašinos inkaras darosi ne iš vieno geležies gabalo, bet sudėtas iš plonų (0,3 mm iki 0,5 mm storio) geležinių skrituliukų, kurių centrai sutampa su inkaro sukimosi ašies centru.

Tie geležiniai skrituliukai izoliruoti viens nuo kito plono popierio bei liako sluoksniu. Juos surenka ant tam tikrų įkamšų (vtulku), kurios pristiprintos ant inkaro ašies ir turi viename savo gale aukštus kraštus, o iš kitos pusės įkamšos tuos skrituliu-

kus suspaudžia veržekliu, kaip tas parodyta 88-me ir 89-me braižiniuose.

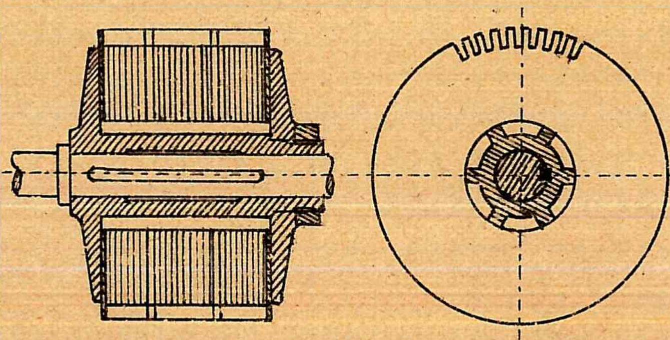
Tokia inkaro konstrukcija duoda galimybę indukcijos linijoms geležį pereiti nuo vieno polio iki kito, bet neleidžia inkaro geležyje susidaryti didelėms srovėms Fuko.

Atšaldymui inkaro jame daromi kanalai - radialė, kaip ant br. 89 ir lygiagretė ašiai. Paskutinieji 89-me braižinyje neparodyti.



Br.88. Nuolatinės srovės dinamo mašinos inkaras.

Daugumas inkarų turi padarytus ant savo paviršiaus ravelius bei kanalus, lygiagrečius inkaro ašiai. Į juos dedama inkaro apsuka. Tų kanalų ypatybė, kad jie neduoda apsukai išsijudinti apskritimo kryptimi. Magnetiniu atžvilgi jie lošia tą rolę, kad iš jų priežasties susitrumpina kelias indukcijo linijoms oru, nes tarpugeležinė erdvė tokių mašinų susimažina.



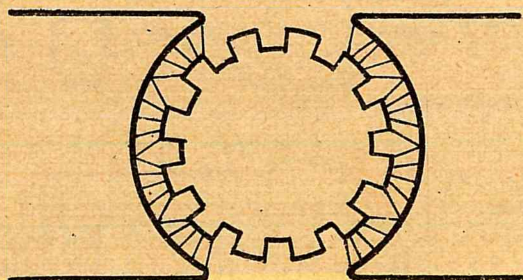
Br.89. Nuolatinės srovės dinamo mašinos inkaras.

Indukcijos linijos, tokiose mašinose trum-

piausiu keliu iš polio galūnės pereina į inkaro dančius (br.90).

Apsaugojimui nuo iššokimo inkaro apsukos vielų iš ravelių, inkaras suveržiamas bandažais iš plieninių arba bronzinių vielų.

Kolektorius. Kolektorių surenka iš atskirų varinių lamelių ant tam tikros įkamšos, kurią užtvirtinta ant inkaro veleno br. 91. Tos lamelės viena nuo kitos izoliruotos sliudos sluoksniu storumo nuo 0,6 iki 1 mm. Jas gerai izoliruoja taipogi ir nuo įkamšos korpuso. Sujungimą kolektoriaus lamelių su apsukos vijokliais atlieka arba sraigtais arba sulydinimu vijų galų su kolektoriaus lamelėmis. Tam reikalui kiekvienoje lamelėje daro ravelį α. Dažniausiai kolektoriaus lameles ne tiesiog sulydina su vijų galais, bet pagalba tam tikrų varinių ruoželių, kuriuos vadina *gaidžiukais.*

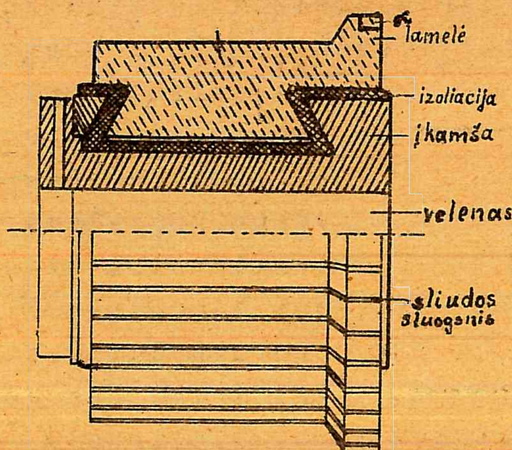


Br.90. Ind. linijų kryptis tarpgeležinėje erdvėje prie inkarų su atidengtais kanalais.

Šepečiai. Šepečiai įtaisomi į tam tikrus prietaisus vadinamus *šepečiųturėtojais* (br.92). Šepečiai prispaudžiami prie kolektoriaus spiruokliais, įtaisytais šepečiųturėtuojuose (br.92). Šepečiai būna: metaliniai ir angliniai. Metalinius šepečius daro iš varinių ruoželių arba iš varinio audeklo. Metalinius šepečius visuomet stato pasvirusiai kolektoriaus radiusui, pravestam iš kolektoriaus

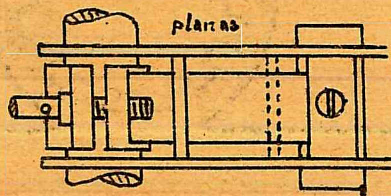
centro liečiamajan šepečio taškan. Anglinius šepečius stato radiuso kryptimi, ir prispaudžia tam tikru spiruokliu.

Šepečio kontakto su kolektoriu plotas turi būti taip išskaičiuotas, kad ant kiekvieno



Br.91.Kolektorius.





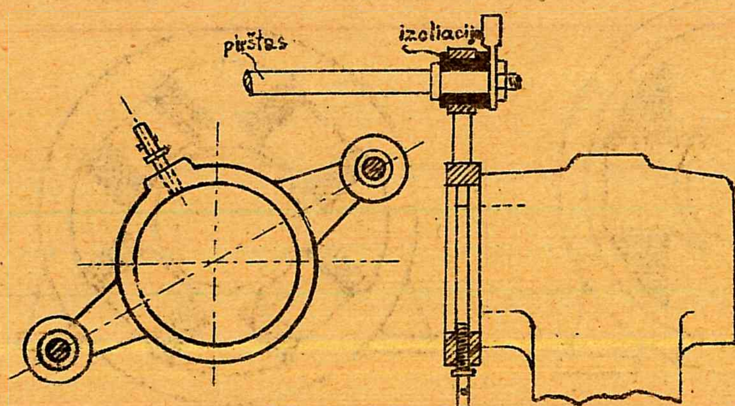
Br.92 Šepečioturėtojas su angliniu šepečiu.

kvadratinio centimetro ploto kontakto tektų nedaugiau 25 amperų prie metalinių šepečių, ir 8 - 10 amperų prie anglinių.

Šepečių turėtojus uždeda ant *šepečiųturėtojų piršto*. Prie to greta (ant vieno piršto) pritaisoma tiek šepečių turėtojų, kiek reikalinga atvedimui tam tikros srovės.

Traversai. Idant būtų galima pastatyti šepečius neitralėje zonoje, ir imti nuo kolektoriaus srovę be kibirkščių, šepečiųturėtojų pirštus talpina (pritaiso) ant, taip vadinamų, traversų, pagalba kurių šepečiai ant kolektoriaus paviršiaus gali būti pasukami kolektoriaus apskritimo kryptimi tai į vieną, tai į kitą pusę. Traversus pritaiso ant mašinos pa-

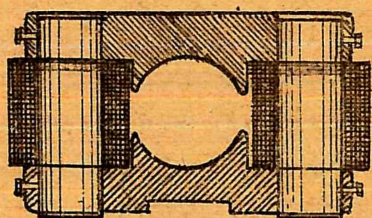
kaklės. Traversai taip pritaisomi, kad juos lengvai galima būtų pasukti apie mašinos ašį. Br. 93 rodo pritaisytą traversą ant mašinos pakaklės su 2 šepečiųturėtojų pirštais. Kaip matoma iš to braižinio šepečiųturėtojų pirštai izoliuoti nuo traverso. Todel, srovė atvedama nuo kolektoriaus pirmiausiai patenka į šepetį, paskiau į šepečiųturėtoją, iš jo



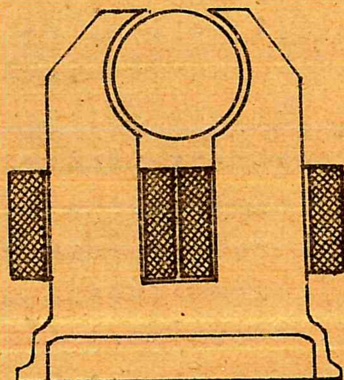
Br. 93. Traversas su 2 šepečiųturėtojų pirštais.

į šepečiųturėtojų pirštą ir iš piršto į lankstą vielą, kuri eina iki mašinos bornų. Reiškia, srovė į traversą nepatenka.

Induktoriai. Dinamo mašinų magnetus pirmiaus darydavo įvairių formų. Svarbesniosios



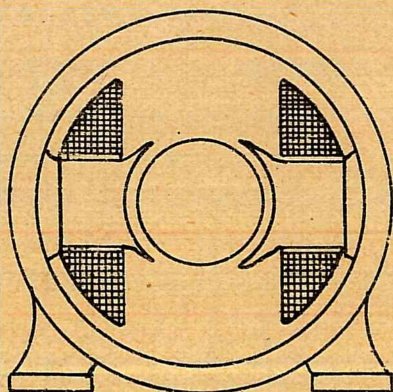
Br.94.Mančestero typo magnetai.



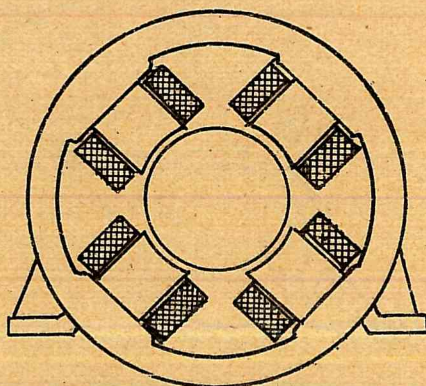
Br.95.Pasagos typo magnetai.

tarp jų, tai mančesterio ir pasagos typo mašinos (br. 94 ir 95).

Dabar magnetinės staninas dinamo mašinų nuolatinės srovės bemaž išimtinai daro apskritos-sujungtos formos su išleistomis apačioje kojomis (br. 96 ir 97).



Br.96. Dvipolinė apvalo typo stanina.

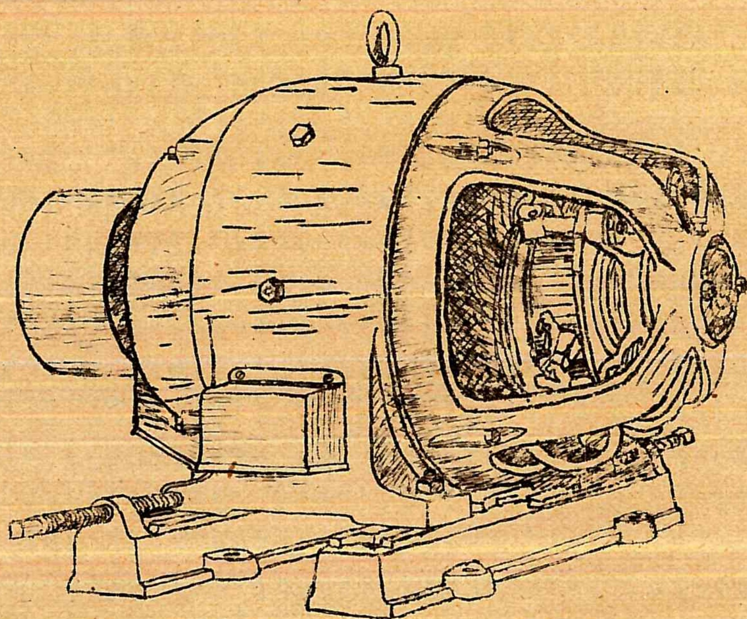


Br. 97. Keturpolinė apvalo typo stanina.

Magnetai arba induktoriai pritaisomi iš vidaus radialiai ir simetriniai, atsižvelgiant į inkarą. Mažų mašinų staninos daromos iš ketaus (špižio) o didelių-iš specialaus lieto plieno. Induktorių poliai mažų mašinų taipogi daromi iš špižio, bet didelių mašinų iš lieto plieno, arba iš minkštos geležies plonų lapų tokių pat, kaip inkaras. Kiekvienas induktorius susideda iš širdeso ir polio galūnės. Paskutinioji turi tikslą tam tikrai nukreipti ir paskirstyti indukcijos linijas. Ant širdesų viniojamos magnetizmo sužadinimo apsukos. Apsukoms vartojamos išimtinai varinės vielos, izoliuotos popieriu, liaku bei bovelniniais siūlais. Apsukos viela viniojama arba tiesiog ant širdesų arba, dažniau, ant tam tikrų rėmų, kuriuos paskiau su užviniota apsuka uždeda

ant širdesų. Jei apsuka viniojama tiesiog ant induktorių širdesų, tai tie širdesai pirmiaus apklojami asbestiniu kartonu, mikaritu ir t.p. Padarytas (apviniotas) špulias apsukos uždeda ant širdesų taip, kad šiaurės ir pietų magneto poliai paeiliui eitų viens paskui kitą. Širdesus ir polių galūnes nevisados daro iš tos pat medžiagos. Staniną ir induktorių širdesus dažniausiai daro iš vienodos medžiagos ir paskiau juos suvirina. Jei induktorių stanina, širdesai ir polių galūnės padaryti ne iš vienos medžiagos ir tarpusavy sujungti pagalba sraigės prisukimo, tai reikia kreipti domę, kad varžtai būtų gerai prisukti ir, kad tarp askirų dalių staninos pasidarytų geras kontaktas.

Inkaro veleno pakakles daro arba skydų pavidalo, kuriuos paskiau sraige prisuka prie staninos (br.98), arba atskirai. Tas atskiras

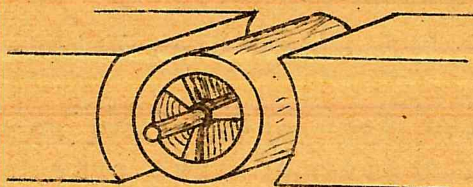


Br. 98. Su skydo pavidalo pakaklėmis mašina.

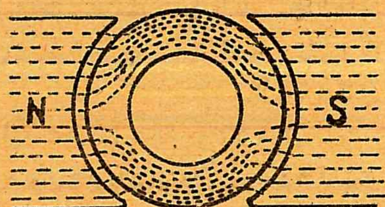
pakakles paskiau sraige prisuka prie pagrindinės lentos, prie kurios prisukama ir magnetų stanina. Dažniausiai vartojamos pakaklės, kuriose tepimas atliekamas pagalba žiedų, rečiau pakaklės su rutuliukais.

§ 38. *Dinamo mašinos elektrovarančioji jėga.*

Daleiskime, kad mes turime dvipolinę dinamo mašiną. Tarp induktorių polių galūnių (br. 99) ant ašies sukasi cilindrinis inkaras padarytas iš plonų geležinių lapų.



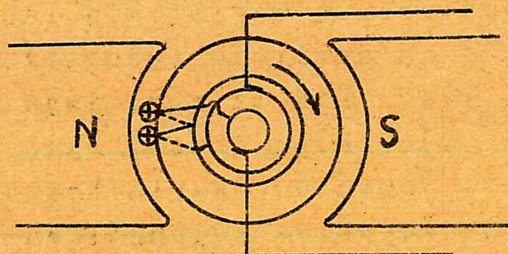
Br.99 Inkaras tarp polių galūnių.



Br.100 Indukcijos linijos einančios inkaru.

Indukcijos linijos išeina iš šiaurės polio (br.100) pereina inkaro kairėje pusėje tarpgeležinę erdvę ir toliau eina inkaru. Išeidamos iš inkaro dešinėje jo pusėje vėl perveria tarpgeležinę erdvę ir įeina į pietų polių. Labai mažas kiekis indukcijos linijų atsišakoja iš inkaro širdeso į veleną, nes magnetinis pasipriešinimas inkaro širdesu daug mažesnis, kaip tiesi linija skersai įkamšos ir veleno. Jei mes ant inkaro širdeso apviniosime špulią, kaip tai nurodyta br. 101, galus tos špulios sujungsime su 2 žiedais pristiprintais ant inkaro veleno, bet izoliruotais nuo jo, ir

suksime visą sistemą (inkarą ir špulią), tai špulios vielos, kurios guli ant išorinio inkaro širdeso paviršiaus, perpiaus ramiai stovinčias indukcijos linijas magnetinio lauko. Iš tos priežasties tose vielose induktiruosis el. var. jėga. Dydis ir kryptis tos e.v. jėgos įvairiose špulios padėtyse bus nevienoda.



Br.101 Inkaro špulia sujungta su 2 žiedais.

Momentalis e.v. jėgos dydis įvairiose špulios padėtyse priklauso nuo kiekio perpiautų tomis vielomis indukcijos linijų tose inkaro paviršiaus vietose.

Laike vieno pilno apsisukimo inkaro špulia du kartu pereina tokias vietas, kur ji indukcijos linijų visai neperkerta. Aišku, jo tose vietose induktiruota špulioje e.v.j. lygi nuliui. Tas vietas vadina *neitrale zona.*

Jei špulia sykiu su inkaru sukasi laikrodžio rodyklio kryptimi, tai kuomet ji eina prieš šiautės polių, jo vielose induktiruojasi e.v.j., kuri turi kryptį į užpakalį braižinio br. 101. Tą galima patikrinti dešinės rankos dėsniu. Padėtyje špulios prieš pietų polių kryptis induktiruotos e.v.j. špulioje bus atvirkščia, t.y. iš užpakalio braižinio į skaitytoją.

Del to, kad būtų galima aiškiau parodyti induktiruotos e.v. jėgos kryptį, braižinyje 101-me padidinti vielų piūviai ant išorinio inkaro paviršiaus. Piūviai vielų, gulinčių

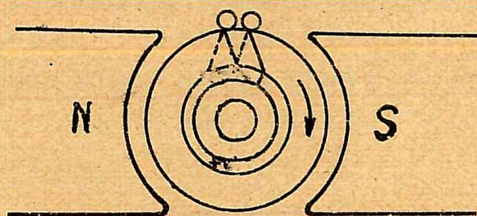
ant vidurinio inkaro paviršiaus, br. 101 nepadidinti, nes juose nesiinduktiruoja e.v.j. Tos vielos neperkerta indukcijos linijų. Jos gali perkirsti tiktai tas ind. linijas, kurios atsišakoja į veleną, bet tokių linijų labai mažai, todel mes ir skaitome, kad laidose ant vidujinio inkaro paviršiaus visai nesiinduktiruoja e.v. jėga.

Jei sudarytas induktoriais magnetinis laukas lygus, tai sulig § 13 špulioje induktiruosis sinusoidalė e.v. jėga. Kad ta e.v. jėga galima būtų sunaudoti išorinėje grandinėje, ganetina pritaisyti du šepečius, kurie liestų žiedus br. 101 ir tuos šepečius sujungti su išorine grandine. Tokiu būdu išorinėje grandinėje gautume kintamąją srovę.

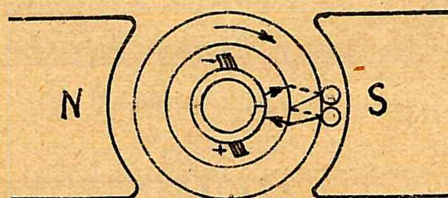
Perkeisti išorinėje grandinėje kintamąją srovę į nuolatinę galima pagalba labai paprasto įtaisymo. Pritaisysime ant inkaro veleno, vietoje dviejų izoliuotų žiedų, tiktai vieną (br.102). ą žiedą perpiausime pusiau (br. 102) ir izoliuosime abi puses to žiedo vieną nuo kitos ir nuo veleno. Vieną špulios galą sujungsime su viena puse to žiedo, o kitą su kita puse, o šepečius, kurie liečia tą žiedą, pastatysime priešingose pusėse to diametro, kur špulioje nesiinduktiruoja jokia el. varančioji jėga (br.102), t.y. neitralėje zonoje.

Prie tokios konstrukcijos, kaip tiktai špulia išeis iš neitralės zonos, kiekvienas šepetis lies tiktai vieną pusę žiedo (a arba b) ir srovė, kuri išeina iš mašinos, turės vieną kryptį, t.y. iš tam tikro šepečio į išorinę grandinę, ir perėjus priėmėjus grįž į kitą šepetį, kaip tas ir nurodyta br. 102, 103, 104 ir 105 įvairiose špulios padėtyse.

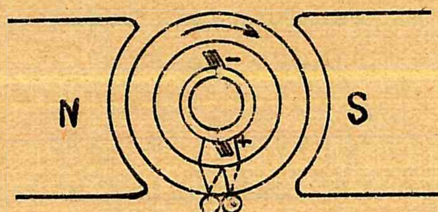
Ištiestos srovės jėga visgi nebus dar pastovi, ji mainys savo dydį br. 106 nuo nulio



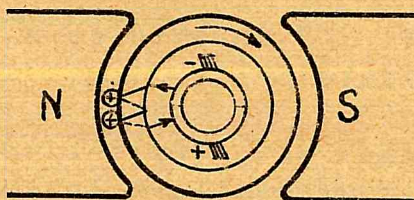
Br. 102 Špulia neitralėje zonoje.



Br. 103 Špulia prieš pietų polių.

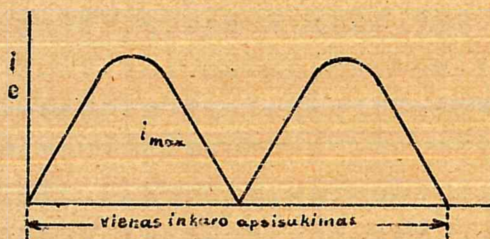


Br. 104 Špulia neitralėje zonoje.



Br. 105 Špulia prieš šiaurės polių.

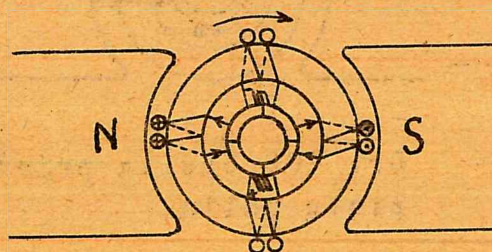
iki maksimumo, pereidama du kartu per nulių ir du kartu per maksimumą laike vieno pilno inkaro apsisukimo.



Br. 106 Srovės jėga išorinėje grandinėje.

Tokį srovės šokinėjimą galima sumažinti. Reikalinga tiktai vietoje vienos špulios paimti daugiau. Vietoje vienos špulios, pavyzdžiui, apviniosime ant inkaro tokias pat keturias špulias, br. 107; še-

pečiais liečiamąjį žiedą perdalysime į keturius viens nuo kito izoliuotus segmentus; špulias sujungsime taip, kad kiekvienas segmentas būtų sujungtas su galu vienos špulios ir pradžia sekančios; šepečius pritaisysime neitralėje zonoje ir laikrodžio rodyklio kryptimi tolygiai suksime inkarą.



Br. 107 Inkaras su 4 špuliomis.

Jungiančioji šepečius tiesioji linija dalina inkarą į dvi dali; inkaro pusėje prieš šiaurės polių induktiruojasi e.v.j. krypties į braižinio užpakalį, o špuliose gulinčiose prieš pietų polių induktiruojasi e.v.j. krypties iš užpakalio braižinio į skaitytoją.

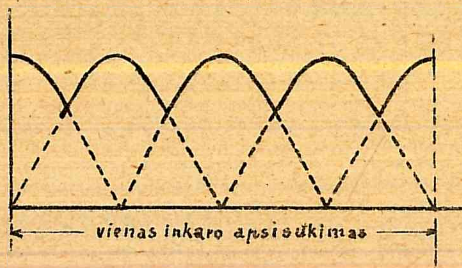
Apatinis šepetis randasi ant to segmento, į kurį susieina e.v. jėgos iš abiejų inkaro pusių; viršutinis gi šepetis stovi toje vietoje, kur e.v. jėgos turi kryptį nuo šepečio į inkaro špulias. Jei šepečius sujungsime viela, tai srovė eis nuo apatinio šepečio į viršutinį.

Tame momente, kuomet šepečiai pereina nuo vieno segmento ant kito, t.y. kuomet kiekvienas šepetis vienkart liečia du segmentu, įvyksta per šepetį vienos špulios trumpas sujungimas ir kiekvienoje inkaro pusėje palieka tiktai po vieną špulią. Trumpai sujungtose špuliose, kurios guli neitralėje zonoje, tame momente nesiinduktiruoja nė kokia e.v. jėga. Iš kitos pusės, kuomet šepečiai liečia vidu-

rį segmentų, tai kiekvienoje inkaro pusėje randasi po dvi nuosekliai sujungtos špulios. Todel, inkarui sukantis, įtempimas ant šepečių nuolat mainosi tarp maksimumo ir minimumo, prie to tie įtempimo šokinėjimai, ištinka keturius kartus laikotarpy vieno inkaro apsisukimo.

Atsakančioji e.v. jėgos diagrama nurodyta br. 108.

Jei ant inkaro apvinioti daugiau špulių, tai mainimosi dydis sumažės ir prie ganetinai didelio skaičiaus špulių gauname bemaž visai pastovią e.v.jėgą.



Br. 108' E.v. jėgos diagrama prie keturių špulių.

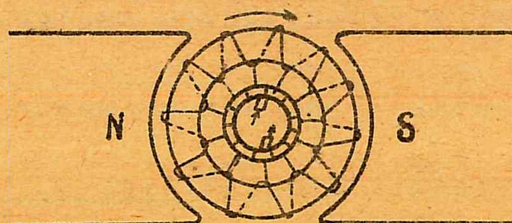
Kiekvienai špuliai atsako atskiras segmentas kontaktinio žiedo. Toksai žiedas vadinasi kolektoriu; jo konstrukcija aprašyta § 36-me.

Dvi vielos, kurios (br.107) jungia komutatorio segmentą su špuliomis gali būti pamainytos viena viela, jei gretimosios inkaro špulios sujungtos nuosekliai. Tokiu būdu mes gausime t. vadinamą *žiedo apsuką* (br.109). Tos apsukos špulios nesiskiria viena nuo kitos, bet sudaro vieną be pertraukos špulią, kurioje vijai seka vienas paskui kitą. Nuo tokios špulios, vienodame viens nuo kito atstume, padaryti atsišakojimai iki kolektorio segmentų (lamelių).

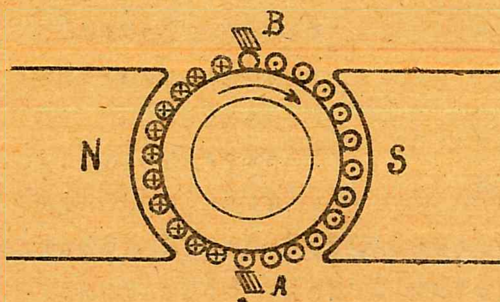
Patys sujungimai su kolektorio lamelėmis, kaip jau § 36 buvo nurodyta, daromi ne viela,

bet taip vadinamais gaidžiukais.

Dvipolinės dinamomašinos e.v. jėga. Jei dvipolinės nuolatinės srovės dinamomašinos inkaras sukasi, tai tarp tos mašinos šepečių egzistuoja e.v. jėga, kuri turi pastovią kryptį; dydis jos labai nedidelėse ribose nuolat mainosi. Vidutinį tos e.v. jėgos dydį galima surasti sekančiai. (br. 110). Sulig § 9 indukcijos linijos iš tarpgeležinės erdvės įeina į inkarą statmenai jo paviršiui. Todel inkaro apsukos vielos, kurios guli ant jo paviršiaus, perpiauna indukcijos linijas statmenai jų krypčiai. Sulig § 11 induktiruotas judančiame laidininke įtempimas lygus perpiautų per sekundą indukcijos linijų kiekiui. Todel, jei sriautas, kursai išeina iš šiaurės polio ir įeina į inkarą yra Φ, tai viela, kuri guli ant išorinio inkaro paviršiaus, pereidama iš padėties A į padėtį B br. 110 perkerta visą sriautą Φ. Laike vieno pilno inkaro apsisukimo viela perkerta sriautą Φ du kartu: vieną kartą - prieš šiaurės polių, o antrą kartą - prieš pietų polių. Jei inkaras daro $\frac{n}{60}$ apsisukimų per sekundą, tai sekundos laikotarpyje viela (bei vijis žiedo apsukoje) perpiauna $2.\frac{n}{60}.\Phi$ in-



Br. 109 Žiedo apsuka.



Br. 110 Inkaro schema.

dukcijos linijų. Reiškia, vidutinis induktiruotas vieloje e.v. jėgos dydis bus:

$$e_{vid} = 2.\frac{n}{60}.\Phi.10^{-8} \text{ voltų. . . . . .} (79)$$

Daleiskime, kad ant inkaro tolygiai užviniota Z vijų ir visi jie sujungti nuosekliai. Tokiu būdu kiekvienoje inkaro pusėje yra po $^1/_2$ Z vijų. E.v. jėgos visų $^1/_2$ Z vijų tarp abiejų šepečių sumuojasi. Todel e.v. jėga tarp šepečių bus:

$$e_{vid} = {}^1/_2 Z.2.\frac{n}{60}.\Phi.10^{-8} \text{ voltų} =$$

$$= \Phi.Z.\frac{n}{60}.10^{-8} \text{ voltų. . . . . . .} (80)$$

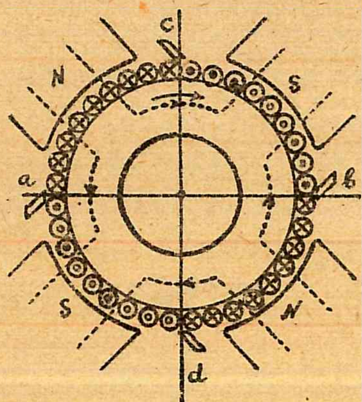
Jei šepečiai sujungti su el. energijos priėmėju, tai srovė išorinėje grandinėje eina nuo teigiamo šepečio per priėmėją į neigiamą šepetį. Inkaro apsukoje s ovė eina iš abiejų pusių inkaro apsukos kryptimi nuo neigiamo į teigiamą šepetį.

Daugpolinės dinamo mašinos e.v. jėga.

Daugpolinėje dinamomašinoje indukcijos linijos įėję į inkaro širdesą persiskiria į dvi dali, kaip tai nurodyta br. 111. Tokiu būdu kiekviename protarpyje tarp gretimųjų mašinos polių yra ant inkaro paviršiaus vieta (neitrale zona), kurioje inkaro apsukos vielos neperkerta indukcijos linijų. Todel laike vieno pilno inkaro apsisukimo, vieno atskiro vijo e.v. jėgos kreiva pereina 2p kartų per nulių, jei p yra kiekis porų polių mašinoje. Kolektoriaus konstrukcija tokia pat, kaip ir dvipoli-

nėje mašinoje. Šepečiai pastatyti taipogi neitralėje zonoje (br. 111).

Daleiskime, kad indukcijos sriautas, kursai išeina iš vieno šiaurės polio ir įeina į inkara yra Φ. Tuomet, viena viela, savo kelyje nuo vienos neitralės zonos iki sekančios, perpiauna Φ indukcijos linijų. Laike vieno pilno inkaro apsisukimo ji perpiauna 2p.Φ indukcijos linijų. Jei inkaras daro n:60 apsisukimų per sekundą, tai viena viela vienos sekundos laikotarpy perpiauna $\frac{n}{60}$.2p.Φ indukcijos linijų. Jei ant inkaro širdeso tolygiai užviniota z vijų, tai tarp gretimųjų šepečių bus z:2p vijų (bei vielų ant armaturos paviršiaus). Todel e.v. jėga tarp šepečių bus:



Br. 111 Keturpolinio generatorio m.lauko schema.

$$e = \frac{n}{60}.2p.\Phi.\frac{Z}{2p}.10^{-8} = \Phi.z.\frac{n}{60}.10 \quad \text{voltų} \quad (81)$$

Inkaro apsuka, kurioje tarp gretimųjų įvairiavardžių šepečių yra kelias srovei nuosekliai sujungtais inkaro apsukos vijais, vadinasi *lygiagrete apsuka*. Tokia mašina turi tiek šepečių, kiek polių mašinoje.

81-ma formula rodo, kad prie lygiagretės apsukos e.v. jėga daugpolinės mašinos lygi e. v. jėgai dvipolinės, jei z.$\frac{n}{60}$ ir Φ abiejose mašinose lygus. Prie to z suprantamas, kaipo nuosekliai sujungtų vielų kiekis ant armatu-

ros paviršiaus.

Jei daugpolinė mašin turi tiktai du šepečiu, o vijai inkaro apsukos taip tarpusavy sujungti, kad tarp šepečių randasi $^1/_2$ Z nuosekliai sujungtų vielų (vijv), kurių e.v. jėgos sumuojasi, tai e.v. jėga tokios mašinos išsireiškia:

$$e_{vid} = \frac{n}{60}.2p.\Phi.\frac{Z}{2}.10^{-8} \text{ voltų} =$$

$$= p.\Phi.z\frac{n}{60}.10^{-8} \text{ voltų. . . . . . .(82)}$$

E.v. jėga tokios mašinos, reiškia, lygi sumai e.v. jėgų p dvipolinių mašinų su tokiais pat $\frac{n}{60}$.Z ir Φ, arba, kitaip sakant, lygi e.v. jėgai p nuosekliai sujungtų dvipolinių mašinų, kurios turi tokius pat $\frac{n}{60}$, Z ir Φ.

Mašina, kurios e.v. jėga išsireiškia formuia 82-ra vadinasi mašina *su nuosekia inkaro apsuka.*

Dar daro, taip vadinamas, *nuosekliai - lygiagretes* inkaro apsukas. Prie tokių apsukų šepečius stato taip, kad ant $\frac{Z}{2a}$ vielų priseina vienas šepetis. Tokiu būdu mašina turi 2a šepečių, prie to a esti didesnis už I ir mažesnis už p (mašinos porų polių skaičių). Tokioje mašinoje įtempimas tarp šepečių bus:

$$e_{vid} = \frac{p}{a}.\Phi.z.\frac{n}{60}.10^{-8} \text{ voltų. . . .(83)}$$

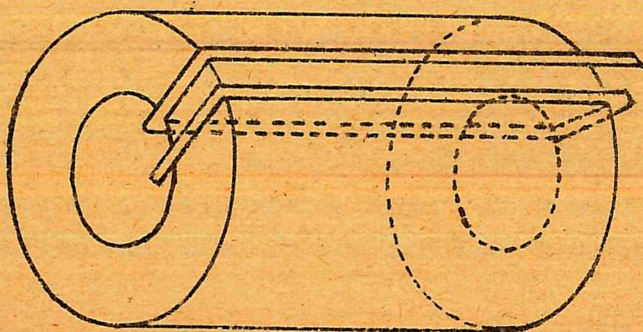
Tai endra e.v. jėgos formula nuolatinės srovės dinamomašinų. Prie a = p turime lygiagretę apsuką o prie a - I nuoseklią apsuką.

§ 39. *Inkaro apsuka.*

Paprasčiausia inkaro apsuka yra žiedo apsuka br. 109. Ją išrado Pacinotti 1860 metais, o 1869 m. Grammas įvedė praktikon.

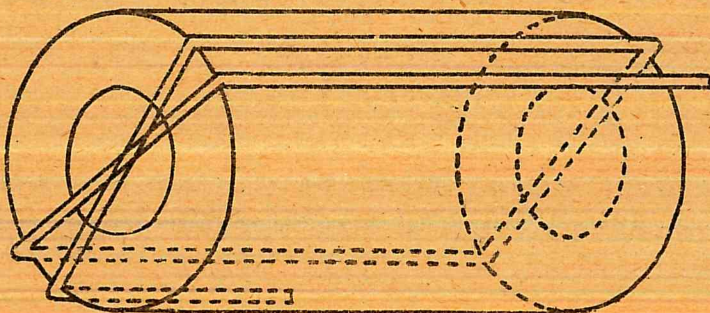
1872 metais Hefner Alterekas išrado, taip vadinamą, bubninę apsuką (borabannaja abmotka , Trommelwicklung).

Bubninė apsuka skiriasi nuo žiedo apsukos tuo, kad joje vielos dedamos tiktai ant išorinio inkaro paviršiaus. Skirtumą tarp žiedo ir bubninės apsukos vaizduoja braižiniai 113 ir 114.



Br. 113 Žiedo apsukos viniojimas.

Didelėse mašinose kiekvieną špulią sudaro iš vienui vieno vijo storos vielos. Mažose mašinose kiekviena špulia turi keletą vijų, iš kurių mes braižome tiktai vieną.



Br. 114 Bubninės apsukos viniojimas.

Kiekviena špulia turi du šonu, kurie guli išilgai inkaro

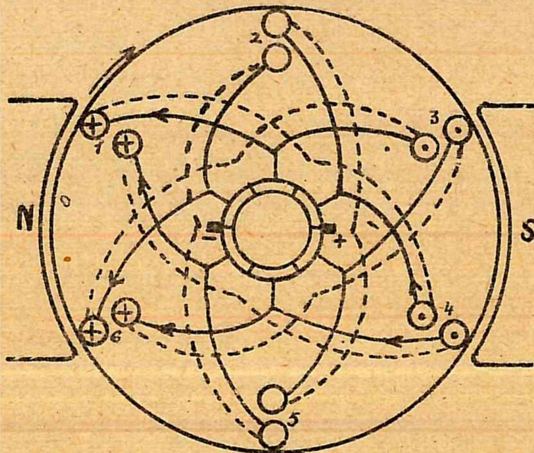
arba tiesiog ant jo paviršiaus, arba tam tikruose raveliuose. Jei špulios šonai guli vienas prieš kitą priešingose inkaro diametro pusėse arba daugpolinėse mašinose atstumas jų lygus, taip vadinamai, *pcli o daliai*, tai tokia inkaro apsuka vadinasi *diametrale apsuka.* Jei platumas špulios mažesnis arba didesnis už polio dalį, tai tokia apsuka vadinasi *chordiale.* Špulios platumas turi būti paimtas tokio didumo, kad špulia galėtų apsiausti visą ind. sriautą, kursai išeina iš polio ir eina į inkarą.

Bemaž išimtinai dabar inkaro apsukas deda į tam tikrus ravelius padarytus išilgai cilindrinio inkaro paviršiaus. Prie to ant tam tikrų šablonų pirmiau padirba špulias, o paskiau įdeda jas į ravelius padarytus inkaro geležyje. Toks dirbimas inkaro apsukų netiktai palengvina jos padirbimą, bet ir duoda galimybę tvirčiau pritaisyti apsuką prie inkaro korpuso.

Bendrai imant, kiekviename inkaro ravelyje būna du sluoksniai - du špulių šonai. Kiekviena špulia turi du šonu ir kiekviename ravelyje guli vienas viršum kito dviejų špulių šonai; viršui gulintį šoną mes vadinsime *špulios pradžia*, o apačioje *šp lios galas.* Daugelyje konstrukcijų špulių šonai guli raveliuose ne viens viršum kito, bet viens greta kito, bet tas nemaino esmės, nes mes tiktai susitarėme vadinti mūsų braižiniuose viršum gulintį šoną špulios pradžia, o apačioje špulios galas. 117-as braižinys rodo dvipolinę apsuką iš šešių špulių; jos įdėtos į šešius ravelius. Tame braižinyje špulios šonai, kurie sudaro vieną špulią guli priešingose in-

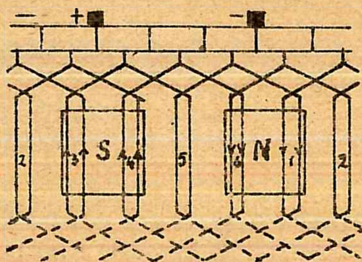
karo diametro pusėse; pavyzdžiui šonai 1 kairėje, o šonas 4 dešinėje inkaro pusėje;reiškia, br.117-as vaizduoja diametralę apsuką.

Špulia 1,4 priešakinėje inkaro pusėje sujungta su gretimosiomis kolektorio lamelėmis. Kolektorio lamelė, prie kurios prijungtas galas špulios 1,4,prijungta pradžia špulios 2,5 ir t. t. Užpakaliniai sujungimai špulių (2,5) ir (5,2), kurios padėtyje nurodytoje br. 117-me per šepečius trumpai sujungtos, parodyta storesne taškuota linija.



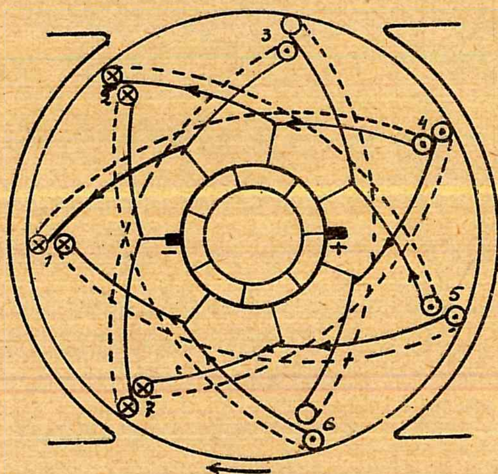
Br.117 Dvipolinė diametralė šeto špulių skaičiaus apsuka.

Dar aiškiau vaizduojasi apsukos schema,jei mes inkaro paviršių išviniosime (išvoliosime) ant plokštumos momente nurodytame br. 117-me. Gausime piešinį nurodytą br. 118 c Apsukoje nurodytoje br.117 ir 118 dvi viename ravelyje gulinčios špulios vienkart trumpai susijungia, kaip tas aišku iš tik ką paminėtų braižinių. Norint išvengti vienkartinio trumpo sujungimo dviejose špuliose, kiekį ravelių ant inkaro paviršiaus daro



Br.118 Išviniota šleifo pavidalo bubninė apsuka.

ne setu, o daugpolinėse mašinose daro nesetu skaičių ravelių vienai polių porai. Tokiu būdu gauna neseto skaičiaus špulių chordialę apsuką. Br. 119 rodo apsuką neseto skaičiaus špulių. Ant to braižinio matome, kad trumpas sujungimas įvyksta tiktai vienoje špulioje. Tame momente, kuomet vienas šepetis liečia dvi kolektoriaus lameli, antras šepetis lie čia tiktai vieną lamelę. Aprašyto typo apsuka vadinasi *šleifopavidalo apsuka*, nes kaip matome iš braižinio 118, kiekvienas tos apsukos vijis apibrėžia konturą, kursai turi ąsos bei šleifo (kilpos) formą.



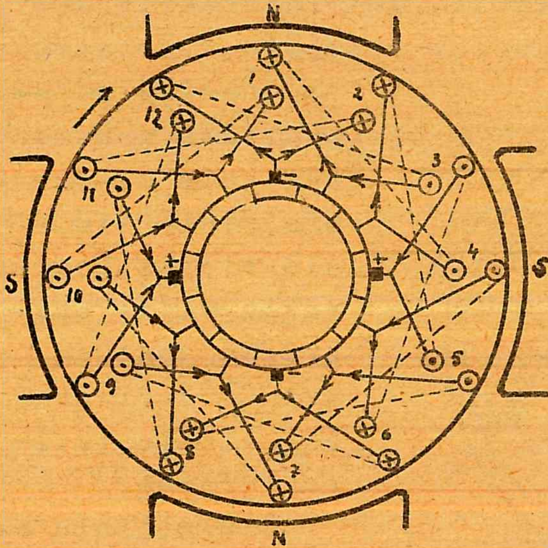
Br. 119 Neseto špulių skaičiaus apsuka.

Daugpilinių mašinų šleifopavidalo bubninės apsukos panašios į žiedo apsukas. Daugpolinė bubninė šleifo pavidalo apsuka nurodyta br ižinyje 120. Jei špulios platumas apsiaučia inkaro paviršiaus dalį lygią polio daliai, tai bus apsuka diametralė, jei ne,tai - chordiale. Špulių kiekį ima tokį, kad skaitmuo špulių kiekio dalintusi iš porų polių kiekio. Br. 120 rodo keturpolinę šleifo pavidalo bubno apsuką iš 12 špulių, kurios įtaisytos į 12 ravelių. Nurodytas taškuota linija špulios platumas pilnai apsiaučia polio dalį; todel čia turime diametralę apsuką.

Prisižiūrėję krypčiai induktiruojamos e.v.

jėgos, randame, kad toje apsukoje, padėtyje, nurodytoje br. 120-me, turime keturius srovės išsišakojimus. Kuomet inkaras pasisuks 1/24 apsisukimo (apskritimo) vienkart trumpai susijungs špulios 11, 2, 5 ir 8.

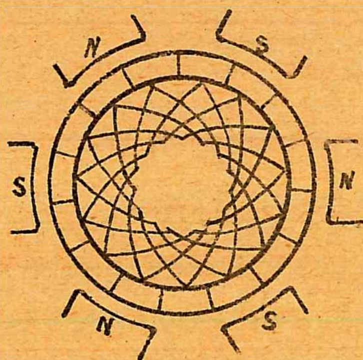
Prie šleifopavidalo apsukos, kiekviena srovės grandinė (išsišakojimas) inkaro apsukoje, panašiai kaip ir žiedo apsukoje, susidaro iš vielų, kurios guli prieš vieną tam tikrą polių porą. Tokiame atvejyje, jei nevisai vienodi mašinos poliai, tai gali ištikti dideli srovės nevienodumai atskiruose išsišakojimuose. Išvengimui to daro, taip vadinamus, išlyginančius sujungimus, t.y. špulių šonus, kurie viens nuo kito atstume dviejų polio dalių stovi, sujungiama taip, kaip tai nurodyta br. 121.



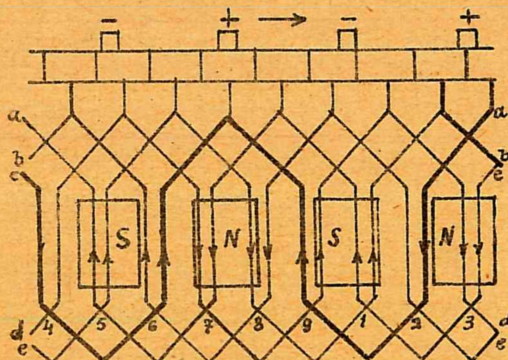
Br.120 Keturpolinė šleifopavidalo apsuka..

e šleifopavidalo apsukos ekzistuoja dar taip vadinama *bangų pavidalo apsuka* (Wellenwicklung - Volnoobrancja obmotka). Prie bangų pavidalo apsukos jungia į vieną grandinę (išsišakojimą) tokius špulių šonus, kurie guli gretimuose polių porų rajonuose, bet ne vienos polių poros rajone, kaip tas daroma šleifo pavidalo apsukoje 'ei išvinioti ant plokštumos tokią apsuką, tai apsukos vielos vaiz-

duojasi tokiomis kreivomis, kurios savo išvaizda primena bangas, br. 122. Todel ir apsuka pavadinta bangų pavidalo.



Br. 121 Kolektorius su išlyginančiais sujungimais.



Br. 122 Bangų pavidalo apsuka.

Kiekis vielų (sekcijų prie žiedo apsukos, šonų prie bubno apsukos), *kurį privalome praleisti eidami inkaro apskritimu, kad pereiti nuo vienos vielos prie sekančios, priskaitant į tą skaičių ir pasku inę vielą, vadinasi žingsniu.*

Jei S inkaro špulių bei šonų skaičius, 2a srovės išsišakojimų inkare skaičius, ir 2p polių skaičius, tai žingsnis, kurį žiedo apsukoje skaito vijais, o bubno apsukoje špulių šonais, išsireiškia formula:

$$p y = S \pm a \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (84)$$

Taip, pavyzdžiui, apsukoje braižinio 117, skaitant špulių šonais, gauname žingsnius:

a) užpakalinį: $y = \frac{S+a}{p} = \frac{6+1}{1} = 7$

b) priešakinį: $y = \frac{S-a}{p} = \frac{6-1}{1} = 5$

o apsukai braižinio 120-to turėsime žingsnius:

a) užpakalinį: $y = \frac{S+a}{p} = \frac{12+2}{2} = \frac{14}{2} = 7$

b) priešakinį: $y = \frac{S-a}{p} = \frac{12-2}{2} = \frac{10}{2} = 5$

§ 40. Magnetizmo sužadinimo būdai.

Kaip vadinamose magneto elektrinėse mašinose magnetinį lauką, kuriame sukasi inkaras, sudaro pagalba nuolatinių pasagos formos magnetų. Prie galų tokių magnetų pritaisoma polių galūnės, kurios savo cilindriniais paviršiais atkreiptos viena į kitą. Tarp tokių polių galūnių sukamas inkaras įtaisytas ant ašies Tokios magneto elektrinės mašinos daromos labai nedidelio galingumo ir tiktai specialiams tikslams, kaip tai uždegantiems aparatams ir t.p.

Bendrai imant magnetinį lauką nuolatinės srovės dinamo mašinose sudaro pagalba el.srovės; ją leidžia špuliomis uždėtomis ant geležinių širdesų, ant taip vadinamų induktorių.

Kaip mes 17-me paragra e matėme magnetinio lauko dydis (sriautas Φ) priklauso nuo sužadinimo (amper-vijų kiekio induktorių apsukoje) ir nuo magnetinės grandinės pralaidumo $\frac{0{,}4\pi\mu S}{l}$; todel mainant sro ės jėgą induktorių apsukoje galima mainyti ir indukcijos sriaut Φ dydį.

Sulig § 38 nuolatinės srovės generatorio e.v. jėga priklauso nuo inkaro per sekundą apsisukimų $\frac{n}{60}$ skaičiaus, ir nuo dydžio indukcijos sriauto Φ, kurį inkaro apsuka apsiaučia. Todel, jei mes dinamo mašinos inkarą tolygiai suksime, neimdami iš jo srovės, tai e.v. jėga

mašinos bus proporcinga sriautui Φ. Padalinę ind. sriautą Φ padalinsime ir e.v. jėgą mašinos. Tokiu būdu e.v. jėgos dydžiu galėsime matuoti esančio mašinoje indukcijos sriauto dydį. Srovė magnetizmo sužadinimui galima imti iš pašalinio šaltinio, arba iš tos pačios mašinos.

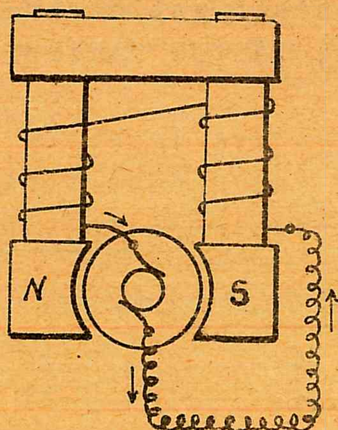
Jei magnetizmo sužadinimui srovė imama iš pašalinio šaltinio, tai sako, kad mašina turi *neprigulmingą sužadinimą* (nezavisimoje vozbuždenije).

Dažniausiai magnetizmo sužadinimui ima srovę iš tos pačios mašinos. Werne is Siemensas 1866 metais surado, kad pati mašina gali sužadinti magnetizmą savo magnetinėje grandinėje. Reikia tiktai vieną kartą sužadinti mašinoje magnetizmą, būtent pirmą kartą ją leidžiant. Nuo to sužadinimo induktorių geležyje liekasi, taip vadinamos, magnetizmo liekanos. Sukant inkarą, iš priežasties magnetizmo liekanų, pradžioje inkaro apsukoje induktiruojasi silpna e.v. jėga. Toji e.v. jėga sudaro silpną srovę induktorių apsukoje. Iš tos priežasties m. laukas didėja, o deliai lauko sustiprėjimo didėja e.v. jėga armaturos apsukoje. Ta padidinta e.v. jėga sudaro didesnę srovę induktorių apsukoje ir m. laukas darosi dar stipresnis ir t.t. Tokiu būdu trumpame laike mašina įgyja normalio dydžio e.v. jėgą.

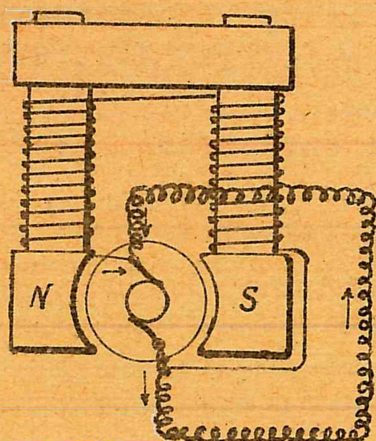
Atsižvelgiant į inkaro apsukos su induktorių apsuka sujungimo būdą, išskiriamos trys mašinų rūšys: *series, šunt ir compound mašinos*.

Series mašinos. Jei visa srovė, kuri išeina iš inkaro apsukos nuo teigiamojo šepečio eina į induktorių apsuką, o toliau į išorinę

grandinę, iš kurios srovė grįžša atgal per neigiamą šepetį į mašiną, tai turime *series arba nuoseklaus sužadinimo mašiną* br. 123. Toje mašinoje sužadinimo srovė ir srovė išo-



Br. 123 Series mašinos schema.



Br. 124 Šunt mašinos schema.

rinėje grandinėje ta pati.

Šunt mašinos. Jei inkaro srovė, nuo šepečių išsišakoja į dvi grandines, iš kurių viena udaro induktorių apsuką, o kita išorinės grandinės energijos priėmėjai, tai turime *šunt arba lygiagretaus sužadinimo mašiną* Br. 124. Toje mašinoje induktorių apsuka santykyje su išorine grandine yra šuntas.

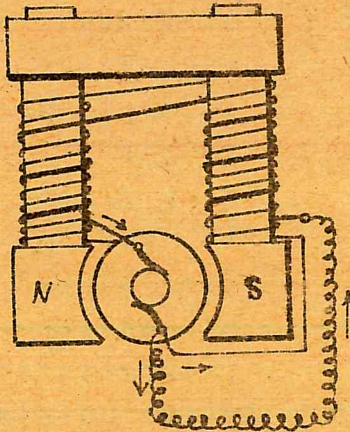
Ekzistuoja dar, taip adinamos, *maišyto sužadinimo mašinos*, arba *compound mašinos* br. 125.

Compound mašinos, turi dvi induktorių apsukas: viena sudaryta iš storų vielų su nedideliu vijų skaičiumi, o kita turi daugelį vijų ir padaryta iš plonos vielos. Pirmąja apsuka eina visa srovė kaip series mašinose, o antra nuo mašinos šepečių atsišakoja nedidelė srovės jėga, panašiai kaip šunt mašinose.

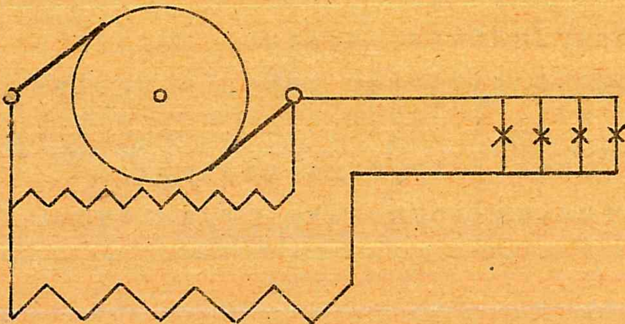
Compound mašinose inkaro su induktorio ap-

sukomis sujungimas búna dvejopas: br. 126 ir 127.

Induktorių apsukos turi būti taip įjungtos, kad sudaryta jose srovė stiprintų magnetizmą mašinoje. Kadangi kryptis srovės, kurią sudaro liekanos magnetizmo, priklauso nuo inkaro sukimosi krypties, tai suprantama, jog sujungimai mašinos apsukų turi būti s suderinti su inkaro sukimo kryptimi. Prie tam ti tikro apsukos sujungimo mašina neduoda įtempimo, jei inkaro sukimo kryptis neatsakanti. Tokiame atvejyje permainymas sukimosi krypties iššaukia mašinos įmagnetinimą. Taipogi neduoda įtempimo mašina, jei, prie tam tikros inkaro sukimosi krypties, neatsakančiai prijungta induktorių apsuka. Perjungimas apsukos sužadinimo tokiame atsitikime ganetina, idant mašina duotų įtempimą.



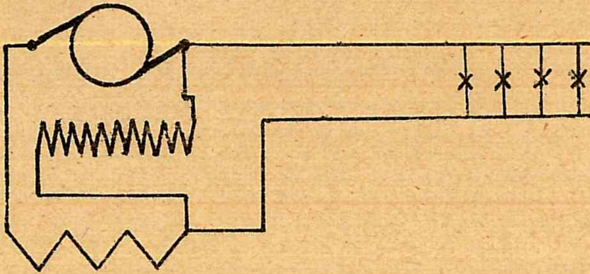
Br. 125 Compound mašinos schema.



Br. 126 Compound mašina, kurios šunt apsuka prijungta prie šepečių.

Šunt mašina reikia leisti be apkrovimo. Liekanomis magnetizmo sudaryta nedidelė nrovė tiktai tuomet visa eis į induktorių apsuką,

jei mašiną leisime be apkrovimo. Jei, leidžiant šunt mašiną, prijungsime prie jos apkrovimą, tai bemaž visa liekanomis magnetizmo sudaryta srovė eis į išorinę grandinę ir nebus galima ganetinai mašiną įmagnetinti.



Br. 127 Compound mašina, kurios šunt apsuka prijungta prie mašinos bornų.

Series mašinas atvirkščiai, galima paleisti tiktai įjungus ją į grandinę, prie to grandinės pasipriešinimą reikia taip išsirinkti, kad srovė būtų nelabai didelė.

§ 41. Mašinų ypatybės atsižvelgiant į sužadinimo būdą.

Neprigulmingo sužadinimo mašina. Peržiūrėsime neprigulmingo sužadinimo mašinos ypatybes. Paleisime mašiną be apkrovimo. Magnetizmo sužadinimą mašinos laikysime pastovų.

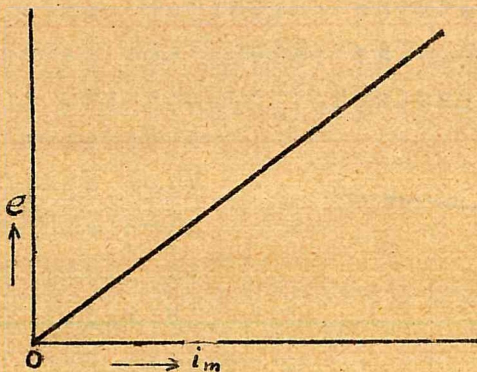
Sulig 83 lygties mašinos e.v. jėga išsireikš:

$$e = \frac{p}{a}\,\Phi . Z . \frac{n}{60} . 10^{-8} \quad \text{voltų}$$

t.y. prie pastovaus sužadinimo proporcinga sukimosi greitumui, reiškia stačiakampėse koordinatose vaizduojasi tiesia linija, kaip tas nurodyta braižinyje 128-me.

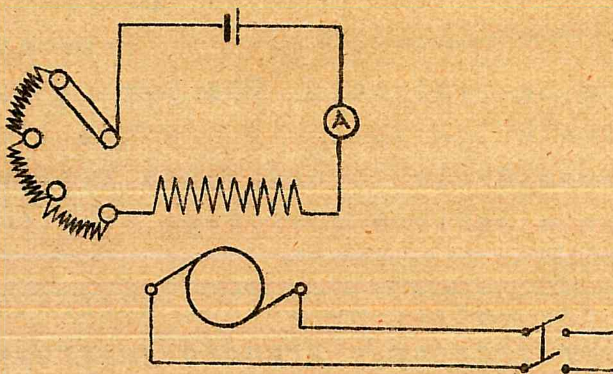
Dabar leisime mašiną vienodų skaičių apsisukimų, o *mainysime magnetizmo sužadinimą*: del to į induktorių grandinę įjungsime reostatą

br. 129. Ant absoisų ašies atidėliosime sužadinimo srovę i_m, o įtempimus ant ordinatų ašies. Gausime kreivą braižinio 130. Ta kreiva tokia pat, kaip geležies įmagnetinimo kreiva, t. y. tokia pat kreiva išsireiškia santykis tarp sužadinimo ir indukcijos.



Br.128 Įtempimo prigulmybė nuo apsisukimų skaičiaus prie pastovaus sužadinimo.

Dabar duosime mašinai apkrovimą ir matnysime jį; mašinos sužadinimą ir inkaro apsisukimų skaičių paliksime pastovius. Kuomet mašina dirbo be apkrovimo, tai jos e.v. jėga ir įtempimas ant bornų buvo vienodi. Prie apkrovimo įtempimas ant bornų bus mažesnis už mašinos e.v. jėgą dydžiu įtempimo kritimo armatūros apsukoje.



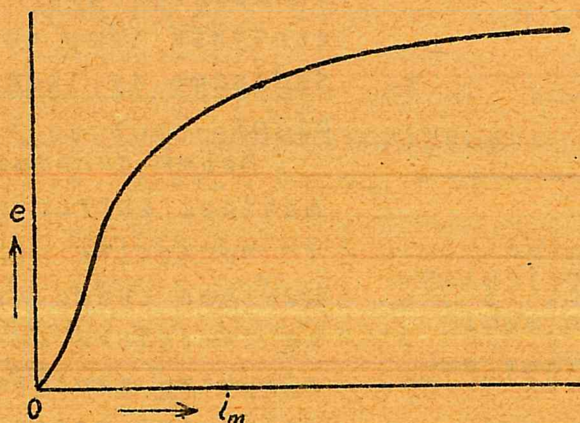
Br.129 Neprigulmingo sužadinim mašina be apkrovimo ir su reostatu sužadinimo grandinėje.

Jei e_a yra mašinos e.v. jėga, i_a srovės jėga armatūroje, ir r_a armatūros apsukos pasipriešinimas, tai įtem-

pimas e ant mašinos bornų (šepečių) išsireikš:

$$e = e_a - i_a r_a$$

Nepriimant domėn armatūros reakcijos (apie armatūros reakciją kalbėsime sekančiame paragrafe), prie tam tikro pastovaus sužadinimo ir skaičiaus inkaro apsisukimų sudarytą įtempimą (e.v.j.) galima skaityti pastoviu. Tokiu būdu gauname, kad įtempimo kritimas ant mašinos bornų proporcingas srovės jėgai br. 131.

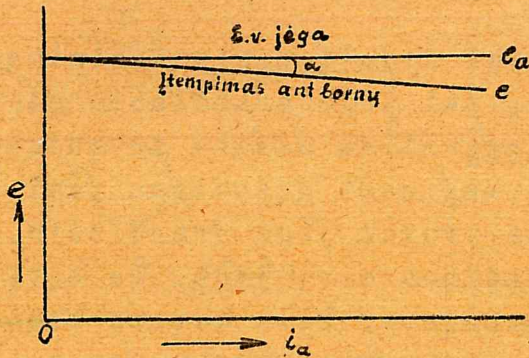


Br. 130 Neprigulmingo sužadinimo mašinos be apkrovimo įtempimo kreiva prie įvairių sužadinimų.

Praveskime tiesią liniją e br. 131 taip, kad tga $\frac{i_a}{ia} = r_a$ Skirtumas ordinatų linijų e_a ir e duoda įtempimo kritimą armatūroje o ordinatės linijų e_a ir e vaizduoja mašinos e.v. jėgą ir įtempimą ant jos bornų.

Series mašina. Series mašinos armatūroje, induktoriuose ir išorinėje grandinėje srovės jėgos dydis vienodas. Suksime mašiną vienodu greitumu ir mainysime srovės jėgos dydį i. Tą galime padaryti įjungę į grandinę reostatą. Ant abscisų ašies atidėsime srovės jėgos dydžius, o ant ordinatų ašies įtempimus e ant mašinos bornų br. 132.

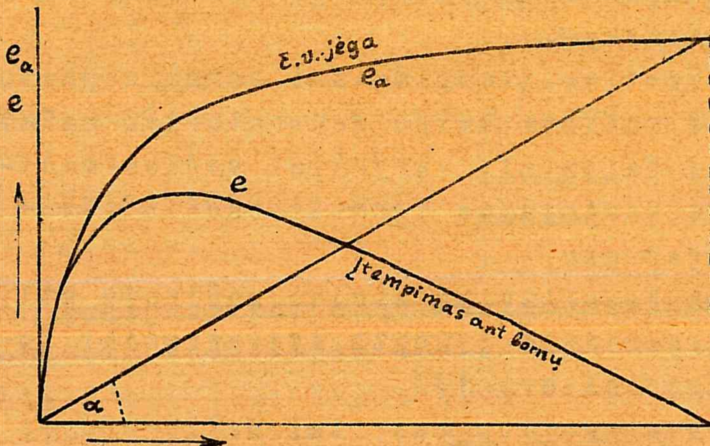
Gausime kreivą e. Įtempimas nt bornų (e) mažesnis už e.v. jėgą įtempimo kritimo dydžiu armatūroje ir magnetuose. Jei r_a ir r_m yra armatūros ir induktorių apsukų pasipriešinimai, o e_a mašinos e. v. jėga, tai įtempimas ant bornų išsireikš:



Br.131 Prie pastovaus sužadinimo įtempimo ant mašinos bornų nuo srovės jėgos armatūroje prigulmybė.

$$e=e_a-i(r_a+r_m).$$

Pravesime per kordinatų pradžios tašką tiesią liniją, kuri sudaro su abscisų ašimi kampą α, kurio tangensas lygus pasipriešinimams r_a+r_m, t.y. $tg\alpha = (r_a+r_m)$. Tuomet tos linijos ordinatos vaizduos įtempimo kritimus mašinoje, t.y. $i(r_a+r_m)$. Jei mes tas ordinatas pridėsime prie įtempimo ant mašinos bornų, tai gausime maši-



Br.132 E.v. jėgos ir įtempimo ant series mašinos bornų nuo srovės jėgos dydžio prigulmybė.

nos e.v. jėgą, t.y. gausime kreivą e_a Jei grandinė nesujungta, tai sudarytas įtempimas lygus nuliui, nes jei magnetizmo sužadinimo srovė lygi nuliui, tai ir indukcijos sriautas lygus nuliui.

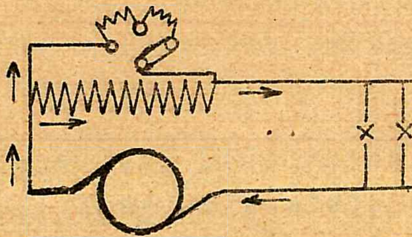
Jei mes per nelabai didelį pasipriešinimą grandinę sujungsime, tai toje grandinėje atsiras srovė, kuri įmagnetins mašiną ir sudarys joje e.v. jėgą. Mažinant grandinės pasipriešinimą didinsime srovės jėgą grandinėje, reiškia didinsime mašinos e.v. jėgą. Ta e.v. jėga pasieks savo maksimumo prie trumpo mašinos bornų sujungimo. *Įtempimas ant mašinos bornų didėja sykiu su apkrovimu, bet tiktai iki tam tikro maksimumo.* Nuo tam tikro srovės jėgos dydžio įtempimas ant bornų pradeda mažėti, taip, kad, prie trumpo mašinos bornų sujungimo, jis turėtų pasidaryti lygus nuliui. Reiškia, visa mašinos e.v. jėga prie trumpo sujungimo, turi būti suvartota armatūros ir induktorių apsukoje. Tokio apkrovimo, žinoma, mašina neišlaikys.

Iš priežasties įtempimo ant bornų nepastovumo series mašinos kaipo generatoriai mažai vartojamos. Kaipo el. varykliai series mašinos plačiai vartojamos tramvajuose ir pakeliamuose kranuose.

Įtempimo reguliavimą series mašinoje atlieka pagalba reostato įjungto lygiagrečiai induktorių apsukai br. 133.

Jei reostatas įjungtas, tai dalis srovės atsišakoja į reostatą; reiškia, nevisa srovė eina sužadinimo apsukon, todel mašina sudaro mažesnę e.v. jėgą. Mainant reostato pasipriešinimą galima didelėse ribose mainyti srovės

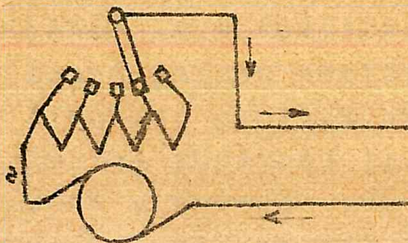
jėgą sužadinimo apsukoje, o sykiu su tuo ir mašinos e.v. jėgą. Prie tam tikro dydžio srovės jėgos išorinėje grandinėje didžiausias įtempimas bus tuomet, kuomet reostatas išjungtas, nes tuomet visa srovė eis per sužadinimo apsuką.



Br. 133 Reostatas įjungtas lygiagrečiai series mašinos sužadinimo apsukai.

Series mašinos sužadinimą galima reguliuoti dar sekančiai: išdalysime induktorių apsuką į gruper ir sujungsime jas su kontaktais, ant kiekvieno iš kurių galima pastatyti rankeną sujungtą su išorine grandine br. 134.

Priklausant nuo rankenos padėties, srovė eina tiktai per tam tikrą sužadinimo apsukos vijų skaičių. Prie tam tikro srovės jėgos dydžio išorinėje grandinėje, kuo mažiau vijų sužadinimo apsukos įjungta į grandinę, tuo mažesnį įtempimą duoda mašina.



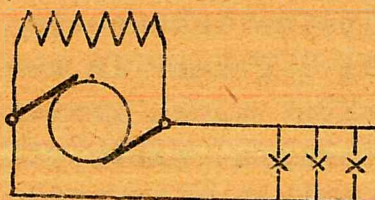
Br. 134 Dalis vijų sužadinimo apsukos perjungiamas.

Šunt mašina. Šunt mašinoje abudu galai magnetizmo sužadinimo apsukos sujungti su šepečiais br. 135. Tokiu būdu viena dalis inkaro sroves i_a atsišakoja nuo šepečių į induktirių apsuką, o antra didesnė dalis eina į išorinę grandinę. Jei sužadinimo srovė yra i_m, o išorinės grandinės $-i$, tai srovė armatūroje išsireikš: $i_a = i + i_m$.

Srovė i_m priklauso tiktai nuo įtempimo e ant mašinos bornų ir nuo pasipriešinimo r_m sužadinimo grandinėje, t.y.

$$i_m = \frac{e}{r_m}$$

Jei įtempimas ant mašinos bornų būtų pastovus, tai, prie pastovaus inkaro apsisukimų skaičiaus, sužadinimo srovė i_m ir mašinos e.v. jėga būtų pastovūs. Įtempimas ant mašinos bornų mažesnis už e.v. jėga dydžiu įtempimo kritimo mašinos armatūroje, t.y.dydžiu $i_a r_a$. Reiškia, *juo didesnė srovė i_a, juo mažesnis darosi įtempimas ant mašinos bornų*, taipogi ir mašinos e.v. jėga.



Br. 135 Šunt mašinos schema.

Suksime mašiną vienodu greitumu palikę magnetizmo sužadinimo grandinėje pastovų pasipriešinimą r_m pasipriešinimą gi išorinės grandinės mainysime taip, kad srovė išorinėje grandinėje mainytusi nuo nulio iki tam tikro maksimumo i. Davinius to mūsų bandymo išbrėsime stačiakampėse kordinatose sekančiai: srovę i atidėsime ant abscisų ašies, o atsakančius ant mašinos bornų įtempimus ant ordinatų ašies br. 136.

Prie srovės i = 0, įtempimas ant bornų e lygus mašinos e.v. jegai e_a, neskaitant nedidelio kritimo įtempimo armatūroje, kursai ištinka iš priežasties nedidelės srovės magnetizmo sužadinimo grandinėje.

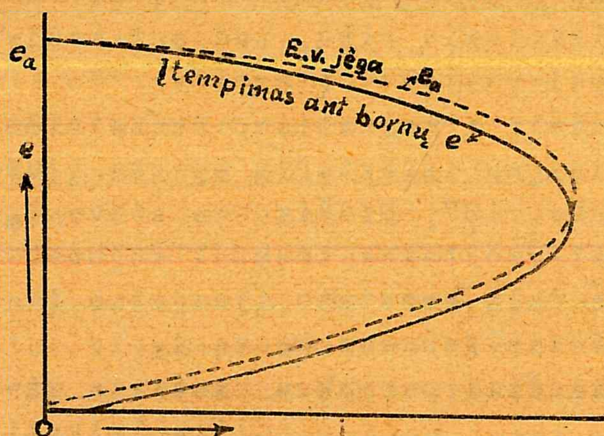
Padidėjimas srovės išorinėje grandinėje iš-

šaukia srovės augimą armatūroje sulig lygties:

$$i_a = i + i_m.$$

Todel įtempimo kritimas armatūroje didėja. Įtempimas ant bornų mainosi sulig lygties $e = e_a - i_a r_a$. Jis didžiausis, kuomet mašina eina be apkrovimo, ir apkrovimui mašinos didėjant mažeja.

Kadangi sužadinimo srovės dydis priklauso nuo įtempimo ant bornų $i_m = \frac{e}{r_m}$, tai įtempimui ant bornų sumažėjus, sumažes ir sužadinimo srovė i_m. Del to susilpnės magnetinis laukas ir sumažės mašinos e.v. jėga. Iš priežasties e.v. jėgos sumažejimo įtempimas ant bornų dar labiau sumažės. (Viršutine kreivos dalis br. 136).



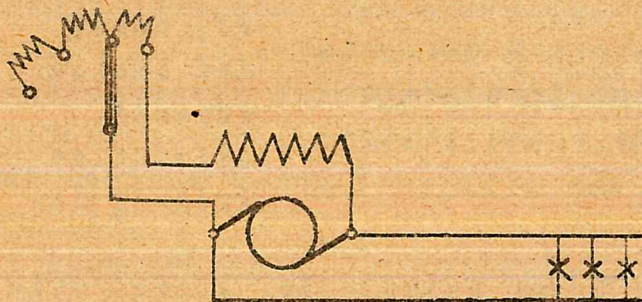
Br. 136 Prie pastovaus pasipriešinimo sužadinimo grandinėje ant šunt mašinos bornų įtempimas.

Įtempimo ant bornų mainymasis, kuomet mainosi mašinos apkrovimas, šunt mašinose, bendrai imant, nedidelis, vienok didesnis kaip mašinose pašalinio magnetizmo sužadinimo

Jei mes viršnurodytame bandyme labai sumažinsime išorinės grandinės pasipriešinimą, tai pamatyšine,

kad srovės jėga nebedidės, bet pradės mažėti. Prie to ir įtempimas ant bornų vis labyn ir labyn mažės. (Žemutinė kreivos dalis br. 136). Ant galo, kuomet mes mašinos bornus trumpai sujungsime, pasidarys įtempimas ir s.ovės jėga bemaž lygūs nuliui. Prie to sužadinimo srovė i_m bus lygi nuliui. Jėi mašinoje nebūtų magnetizmo liekanų, tai magnetinis laukas ir mašinės e.v. jėga būtų lygūs nuliui. Taipogi būtų lygi nuliui ir srovės jėga i_a armatūroje.

Iš pasakyto aišku, jog šunt mašinoje, augant apkrovimui, įtempimas ant bornų krinta. Tačiau tą įtempimo kritimą galima lengvai sumažinti, ir net iki tokių ribų, kad ant mašinos bornų laikytusi pastovus įtempimas. To pasiekiama sekančiai: į magnetizmo sužadinimo grandinę nuosekliai su induktorių apsuka įjungiamas reostatas br. 137. Didžiausia srovė i_m čus tuomet, kuomet reostatas trumpai sujungtas. Juo didesnę dalį reostato įjungsime į grandinę, juo mažesnę gausime srovę i_m ir įtempimą e. Atsakančiai parinkus reostatą, galima laikyti ant mašinos bornų visai pa tovų įtempimą.



Br. 137 Su reostatu įjungtu į sužadinimo grandinę šunt generatorio schema.

Skersinį vielų piūvį induktorių apsukos ir kiekį tos apsukos vijų apskaitliuoja vadovaujantis supratimu, jog tos apsukos

viela reikalinga praleisti tokia srovė, kuri duotų reikalingą magnetizmo sužadinimą. Be to piūvis vielų turi būti taip išrinktas, kad paskirtoje ant induktorių vietoje sutilptų reikalingas vijų skaičius ir kad mašinai dirbant, tos apsukos temperatūra nepakiltų virš daleidžiamos temperatūros. Šunt apsukoje sužadinimo srovę daleidžia iki 8 % maksimalės srovės armatūroje.

Compound mašina. Įtempimas series mašinos auga sykiu su srove, o įtempimas šunt mašinų, augant apkrovimui, mažėja. Reiškia, jei ant induktorių uždėti nuoseklią ir lygiagretę sužadinimo apsuką, tai, atsakančiai parinkus vijų skaičius abiem špuliom, galima pasiekti tokio stovio, prie kurio įtempimas mašinos bus pastovus prie įvairių jos apkrovimų. Galima, žinoma, net taip parinkti špulias, kad prie didelio apkrovimo įtempimas bus d desnis, kaip prie mažo. Jei tas dydis bus lygus ohminiam įtempimo kritimui išorinėje grandinėje, prie maksimalės joje srovės jėgos, tai įtempimą, gale magistralės (-ant priėmėjų bornų-) galima bus laikyti pastovų prie bet kokio apkrovimo.

Paturėjimas pastovaus įtempimo ant bornų energijos priėmėjų yra viena svarbiausių el. gamyklų užduočių. Todel galima manyti, kad compound masina labai plačiai yra vartojama el. gamyklose, kuriose reikalaujamas pastovus įtempimo laikymas ant priėmėjų bornų. Tačiau to nera. Tai dėl to, kad compound mašina mažai tinka akumulia.orių prikrovimui.

Kadangi nuolatinės srovės akumulatoriai

elektro gamyklose lošia labai svarbią rolę, tai pris ina atsisakyti nuo compound mašinų.

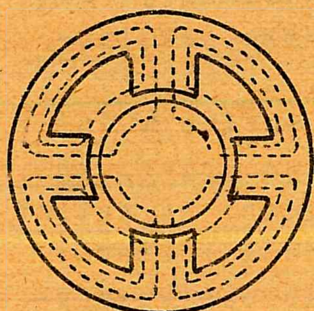
Series apsuka compound mašinos sudaryta iš nedidelio vijų skaičiaus storų vielų, o šunt apsuka, iš plonų vielų ir didelio vijų skaičiaus.

§ 42. Nuolatinės srovės dinamo mašinose magnetiniai santykiai.

Dinamo mašinos magnetinė grandinė sudaroma iš įvairių medžiagų. Inkaras visuomet daromas iš taip vadinamų dinamo geležinių lapų, (Dynamo blech). Mažų mašinų induktoriai ir stanina daromi (iš ketaus), o didelių - iš lieto plieno. Tai del to, kad plienas (Dynamo-gusstahl) turi didelį magnetinį pralaidumą. Tas pralaidumas mažai tesiskiria nuo pralaidumo dinamo lapų. Kaip matėme 17-me paragrafe prie tam tikro sužadinimo geležyje ir pliene gaunama daug didesnė induk ija, kaip ketuje. Todėl vartojant pliena bei geležį, vietoje ketaus gavimui tam tikro srauto reikalinga mažiau medžiagos - mažiau plieno ir vario. Tokiu būdu iš plieno mašina bus lengvesnė, kaip iš ketaus. Tačiau jos kaina ne būtinai sumažės, nes plieno kaina didesnė ir jo apdirbimas taipogi sunkesnis

Sužadinimo špulios dedamos vienoje magnetinės grandinės dalyje - ant polių širdesų. Sudarytas tomis špuliomis laukas, kaip jau buvo 17-me paragrafe nurodyta, nevisas pereina į armatūrą, bet dalis indukcijos linijų susijungia oru nepasiekdamos armatūros. Br, 33 ir 138. Tą indukcijos linija dalį, kuri nepatenka į armatūrą vadinama *nuostolių srautu, bet iš*

siskirstančiu lauku. Nuostolių sriautas įvairiose mašinose nevienodas. Jis sudaro nuo 10 iki 40 nuošimčių sriauto armatūroje. Naujuose mašinų tipuose nuostolių sriautas mažesnis, o senuose - didesnis. Kaip matėme 17-me paragrafe daugiausia ampervijų reikalinga palaikymui sriauto tarpgeležinėje erdvėje - tarp inkaro ir polių galūnių. Todel tarpgeležinė erdvė stengiamasi daryti kaip galima mažesnė. Juo didesnę išrenka indukciją B, juo mažesnius piūvius gauna dalims magnetinės grandinės mašinos. Tačiau B negalima imti labai didelės: iš vienos pusės, prie labai didelės B reikalinga labai daug ampervijų; todel reikia daryti didelės špulių magnetizmo sužadinimui; iš kitos pusės, prie didelės B bus dideli nuostoliai ant hysteresiso ir srovių Fuko. Dydis B taipogi turi įtekmę į mašinos darbą. Jei įmagnetinimas mašinos taip didelis, kad jos normale e.v. jėga guli virš persilaužimo įmagnetinimo kreivos (br.130), tai žymiai permainyti mašinos e.v. jėgos dydį bus galima tiktai žymiai permainius sužadinimo srovės dydį.

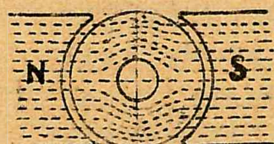


Br.138 Indukcijos linijų paskirstymas keturpolinėje mašinoje.

Daleidžia sekančias indukcijas:
Staninoje ir induktoriuose iš ketaus B = 5000 - 8000; plieno bei geležies induktoriuose B = = 12000 - 15000; inkaro geležyje B = 5000 - 10000, prie to inkaro dantyse daleidžiama B iki 22000. Tarpgeležinėje erdvėje daleidžia-

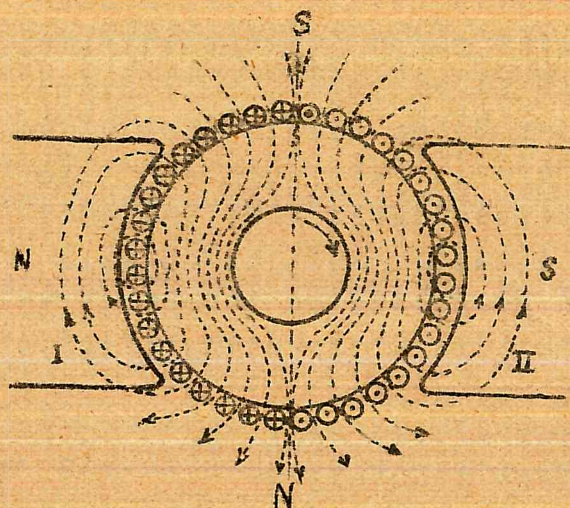
mos tokios pat indukcijos kaip inkare.

Sužadintoje ir neapkrautoje dvipolinėje mašinoje neitralė zona statmena magnetiniam laukui ir randasi viduje tarp abiejų polių. Reiškia, inkaro ašis guli neitralės zonos vertikalėje plokštumoje (br.139). Šepečiai turi būt pastatyti ant tų kolektorio lamelių, kurios sujungtos su neitralėje zonoje stovinčiomis sekcijomis.



Br.139 Dvipolinės mašinos magn. laukas.

Apkrautoje mašinoje inkaro apsuka eina srovė, kuri, taipogi sudaro magnetinį lauką. Jei šepečiai stovi neitralėje zonoje, tai inkaro apsuka sudarytas laukas turės išvaizdą, kaip tai nurodyta br.140. Jei mes šepečius pasuksime, tai inkaro laukas pasisuks taip, kad plokštuma pravesta per šepečius ir inkaro ašį perkirstų tą lauką pusiau.

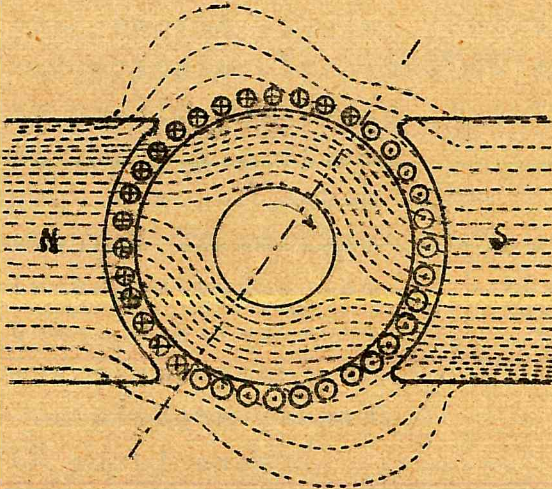


Br.140 Inkaro laukas.

Inkaro laukas sykiu su lauku sudarytu induktoriais duoda atstojamąjį lauką, taip vadinamą *darbo lauką* (br.141), kursai vienas de fakto ir teekzistuoja. Darbo laukas ir sudaro e.v. jėgą inkaro apsukoje. Kryptis

to *darbo lauko* nesutampa su lauko sudaryto induktoriais kryptimi. Todel neitralė zona nebestovi viduje tarp polių.

Sudarymui apkrautai mašinai sąlygų, kuriose ji dirbtų be kibirkščių, kaip tą paragrafe 44-me mės pamatysime, reikalinga pasukti šepečius pirmyn kryptimi armatūros sukimosi. Toks šepečių pasukimas išvidurinės tarp polių padėties iššauks dar didesnį darbo lauko pasisukimą, nes iš priežasties šepečių pasukimo ir inkaro laukas pasisuks iš padėties nurodytos br. 140. Kadangi laukas sudarytas induktoriais stipresnis už lauką sudarytą inkaru, tai pasukimu nedideliu kampu iš vidurinės tarp polių padėties galima šepečius pastatyti darbo lauko neitralėje zonoje.

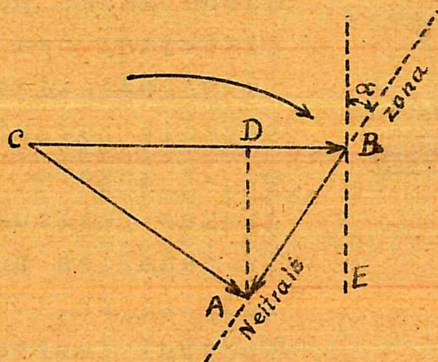


Br. 141. Darbo laukas.

Kad aiškiau sau įsivaizdinti santykį tarp tų trijų laukų, parodysime tuos laukus vektoriais, turėdami omenyje, kad neitralė zona, taipogi ir inkaro laukas visados turi atstojamajam laukui statmeną kryptį. Br. 142 vaizduoja dirbančio generatorio laukų diagramą. Daleiskime, kad BA vaizduoja sudarytą inkaro apsukų lauko stiprumą ir kryptį, o CA atstojamojo lauko stiprumą ir kryptį. Jei šepečiai pastatyti neitralėje zonoje, tai BA statmenas

CA. CB yra laukas sudarytas induktorių ampervijais. Geometrinė suma laukų CB ir BA duoda atstojamąjį lauką CA. Iš tos diagramos matome, kad laukas sudarytas induktoriais sudaro su inkaro lauku kampą didesnį už 90°. Todel idant šepečius pastatyti neitralėje zonoje reikia juos pasukti iš pirmutinės (darbo mašinos be apkrovimo) padėties tam tikru kampu α.

Iš diagramos (br.142) taipogi matome, kad atstojamasai laukas mažesnis už sudarytą induktoriais lauką. Todel, apkrautos dinamo mašinos e.v. jėga mažesnė, už e.v. jėgą mašinos be apkrovimo. *Šepečių pasukimo kryptis sutampa su generatorio sukimosi kryptimi.*

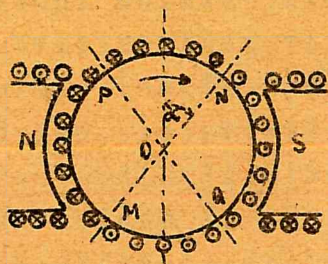


Br.142 Dinamo mašinos laukų diagrama.

Inkaro lauką BA (diagrama br. 142) galima išskirstyti į du lauku BD ir BE. Laukas BD turi kryptį priešingą sudarytam induktoriais laukui, o lauko BE kryptis statmena induktorių lauko krypčiai. Sako, jog lauką BD sudaro *priešveikiantieji inkaro ampervijai*, o lauką BE - *skersai veikiantieji ampervijai* (poperečnije ampervitki). Iš braižinio 143 aišku, kurie vijai vadinasi *priešveikiančiais* ir kurie *skersaiveikiančiais*. Šepečiai pasukti kampu α inkaro sukimosi kryptimi ir randasi padėtyje MN.

Jei su linija MN simetriniai MN pravesti

liniją PQ, tai inkaras bus išdalytas į 4 dalis. Inkaro apsukos vielos, kurios guli kampuose MOQ ir NOP vaizduoja vijus, kurie sudaro *priešveikiantį lauką*, o vielos kurios guli kampuose M,P ir NOQ vaizduoja vijus, kurie sudaro lauką *statmeną induktorių laukui.*



Br 143 Inkaro dinamo mašinos priešveikiantieji ir skersaiveikiantieji vijai.

Aprašytą inkaro veikimą į induktoriais sudarytą lauką vadina *inkaro arba armatūros reakcija.*

§ 43. Dinamo mašinų charakteristikos.

Kreivos rodančios santykį tarp e.v. jėgos, įtempimo ant mašinos bornų ir srovės jėgos vadinasi *mašinų charakter stikomis.* Taip, kreiva br. 130 vadinasi *mašinos charakteristika* prie nesujungtos išorinės grandinės, bei *mašinos e apkrovimo charakteristika.*

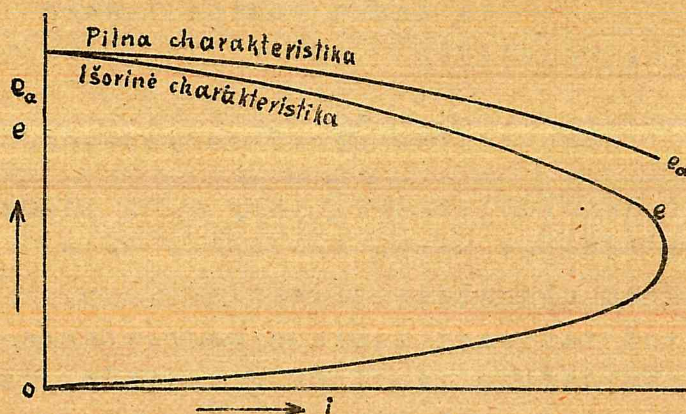
K eivosios br. 131 duoda santykį tarp e.v. j., įtempimo ant bornų ir srovės jėgos armatūroje nepriguImingo sužadinimo mašinoje, nepriimant domėn armatūros reakcijos.

Jei mes priimsime domėn armatūros reakcijos veikimą ir išbrėšime e.v. jėgos dydžius tokiu pat būdu, kaip tą dareme braižinyje 131-me, tai nepriguImingo sužadinimo mašinos e.v. jega išsireikš kreiva e_a (br. 144). Toji kreiva jau nebebus lygiagretė abscisų ašiai, bet jos ordinatos mažės einant nuo kordinatų pradžios.

Kadangi inkaro priešveikiantieji ampervi-

jai, augant mašinos apkrovimui, mažina induktoriais sudarytą lauką, tai ir mašinos e.v. jėga, augant apkrovimui, mažėja. Todel e.v. jėga mašinos ir išsireiškia kreiva e_a, bet nelygiagrete abscisų ašiai tiesia linija.

Įtempimas ant bornų mažesnis už mašinos e. v. jėgą dydžiu $i_a r_a$, t.y. dydžiu įtempimo kritimo armatūroje. Reiškia, įtempimas ant bornų išsireikš kreiva e; jos ordinatas mažesnis už kreivos e_a ordinatus dydžiu $i_a r_a$. Tokiu būdu matome, kad įtempimas ant bornų skiriasi nuo neapkrautos mašinos įtempimo netiktai kritimu įtempimo armatūroje iš priežasties ohminio armatūros apsukos pasipriešinimo, bet ir tais įtempimo nuostoliais, kuriuos iššaukia armatūros reakcija. Didžiausią skirtumą tarp e ir e.v. jėgos neapkrautos mašinos iššaukė ne ohminis įtempimo kritimas armatūroje, nes tas įtempimas labai mažas iš priežasties labai mažo ohminio armatūros pasipriešinimo, bet inkaro *priešveikiantieji amperuijai*

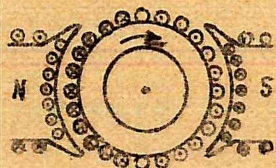


Br.144 Išorinė ir pilna charakteristika nepriklausomo sužadinimo mašinos.

Priešveikiančių ampervijų bledingą veikimą

galima panaikinti pagalba, taip vadinamos, kompensacijinės apsukos. Kompensacijinę apsuką deda į kanalus padarytus induktorių polių galūnėse, kaip tas schematiniai nurodyta braižinyje 145. Ją įjungia nuosekliai su armaturos apsuka. Ji tiesiog veikia į skersai veikiančius ampervijus.

Jei skersaiveikiančių vijų veikimas bus panaikintas, tai išnyks darbo lauko pakripimas. Todel nereikės perstatinėti šepečių. Jie galės prie bet kokio apkrovimo pasilikti pirmutinėje neitralėje zonoje. Jei šepečiai pasiliks pirmutinėje neitralėje zonoje, tai visai nebus ir prieš veikiantčių ampervijų. Tokiu būdu kompensacijinė apsuka naikindama skersai veikiančius ampervijus panaikina ir priešveikiančius.

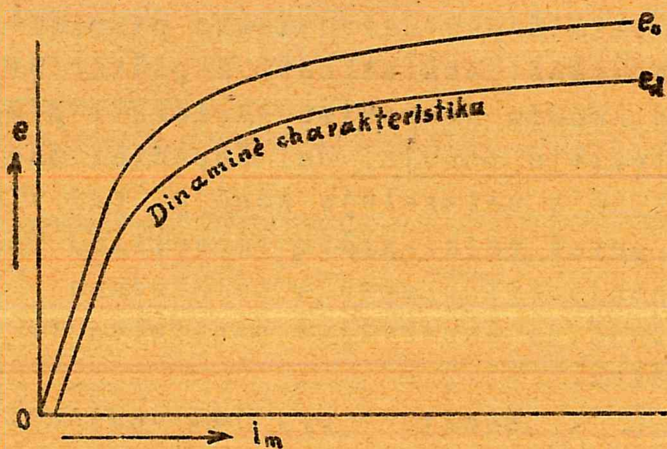


Br. 145 Kompensacijinės apsukos schema.

Kreiva e br. 144 vadinasi *išorine mašinos charakteristika*, o kreiva e_a *pilna charakteristika*. Nuemimas tų kreivų, kaip neprigulmingo sužadinimo mašinoms, taip ir šunt mašinoms daromas sekančiai: įjungia į sužadinimo grandinę tokį pasipriešinimą, kad mašina prie pilno apkrovimo ir normalaus apsisukimų skaičiaus duotų normalų įtempimą. Laikant mašinos apsisukimų skaičių pastovų maino srovės jėgą išorinėje grandinėje. Prie įvairių mašinos apkrovimų užrašo įtempimus ant mašinos bornų ir srovės jėgos dydžius sužadinimo apsukoje. Tokiu būdu gauna krei ą e. Gavimui kreivos e_a reikalinga tiktai ordinatas kreivos e padidinti atsakanšiais $ia r_a$.

Charakteristika šunt mašinos be apkrovimo galima surasti įjungus į sužadinimo apsuką atsakantį pasipriešinimą ir mainant jį.

Jei mes, prie tam tikro amperažo dirbančiai mašinai duosime įvairiūs sužadinimus, tai gausime įtempimų kreivą santykyje su sužadinimo srove i_m. Ji bus visai panaši *mašinos charakteristikai be apkrovimo*, tiktai gulės žemiau charakteristikos be apkrovimo (br. 146). Tokia kreiva vadinasi *dinaminė mašinos charakteristika.*



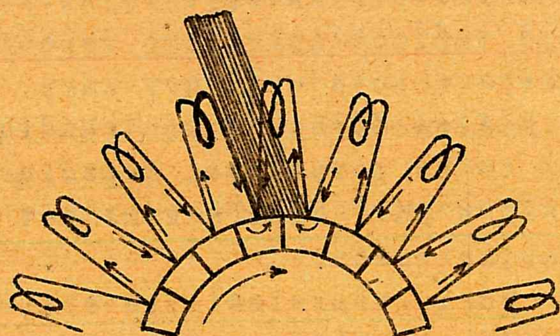
Br. 146 Charakteristika be apkrovimo ir dinaminė mašinos charakteristika.

§ 44. Dinamo mašinos be kibirkščių darbo sąlygos.

Da eiskime, kad šepečiai liečia kolektorio lameles ant diametro statmeno, jungiančiai induktorių polius tiesiajai; kitaip sakant, šepečiai liečia kolektorio lameles neitralėje zonoje, ..y. vidurį tarp abiejų polių. Armatūros vijuose, kurie guli iš abiejų to diametro pusių, induktiruojasi e.v. jėgos, kurios turi viena kitai priešingas kryptis (br. 147).

Išorinėje grandinėje tos e.v. jėgos sudaro

srovę i, o kiekvienoje armatūros pusėje - srovės $^1/_2$i. Labai mažame laikotarpyje, kol šepetis pereina nuo vienos kolektoriaus lamelės ant gretimosios, el. srovės kryptis vijyje mainosi iš (+$^1/_2$i) į (-$^1/_2$i). Iš priežasties tokio staigaus srovės persimainymo vijyje atsiranda savoindukcijos e.v.jėga, kuri tą persimainymą sulaiko, t.y. atsiranda e.v. jėga tos pat krypties, kuri buvo vijyje pirm trumpo jo sujungimo. Todel

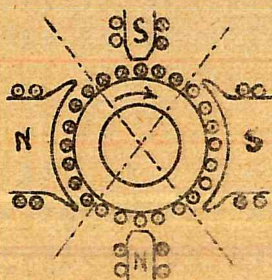


Br. 147 Šepečio dasilietimas ir srovės kryptis armatūroje.

srovė iš gretimųjų armatūros sekcijų neina tuo viju į šepetį, bet eina oru, kas ir apsireiškia kibirkščių pavidale ant kolektorio paviršiaus. Tų kibirkščių sumažinimui reikalinga palengvinti srovei pe mainyti savo kryptį toje sekcijoje, kuri ką tik išėjo iš po šepečio. Kad tą atlikti reikalinga, idant tame momente, kuriame šepečių pagalba sekcija yra trumpai sujungta, joje induktiruot si e.v. jėja, sudaranti srovę naujos krypties. Tą galima atsiekti pasukus šepečius pirmyn armatūros sukimosi kryptimi. Taip ir daroma visose senojo typo mašinose, kurios neturi kitokių prietaisų savoindukcijos e.v. jėgos sumažinimui sekcijoje tik ką išėjusioje iš po šepečio.

Naujo typo mašinose, pergalėjimui savoindukcijos e.v. jėgos stovinčiose neitralėje

zonoje sekcijose, įtaiso, taip vadinamus, dapildančius polius br. 148. Jie sudaro tokį m. lauką, kursai stovinčiose neitralėje zonoje sekcijose induktiruoja e.v. jėgą krypties priešingos savoindukcijos e.v. jėgos krypčiai. Tie dapildantieji poliai panaikina ir tą lauką, kurį sudaro skersaiveikiantieji vijai.Todėl, prie bet kokio mašinos apkrovimo šepečiai gali likti neitralėje zonoje - vidury tarp abiejų polių - ir mašina dirba be kibirkščių. Be to be perstatymo šepečių mašina gali būti sukama bet kokion pusėn.



Br.148 Su dapildančiais poliais mašina.

Turbogeneratoriuose stato ir dapildančius polius ir kompensacijinę apsuką. Tokia konstrukcija pilnai neitralizuoja kaip prieš, taip ir skersaiveikiančių ampervijų veikimą.

§ 45. Naudingo darbo koeficientas arba atidavimas.

Paragrafe 22-me mes matėme, kad judančiame laidininke srovės sudarymo mechaninis darbas išsireiškia formula: $A_s = e.i$ Wattų, kur e ir i sudaryti tame laidininke srovė ir įtempimas. Reiškia sukimui dinamo mašinos, kuri išdirba srovę i amperų prie e voltų, reikalinga aikvoti darbą lygų sandaugai iš i ir e.

Tokia išvada būtu visai teisinga, jei mašinoje nebūtų nuostolių. Tačiau perdirbimas mechaninės energijos į elektrinę surištas su

tam tikrais energijos nuostoliais. Tų nuostolių priežastys sekančios: Pirmiausia, reikia pergalėti pasipriešinimus, kurie įvyksta iš priežasčių trinimosi veleno pakaklėse, šepečių į kolektorių ir oro pasipriešinimą. Tie trinimosi nuostoliai gerose mašinose nedideli. Paskiau, sužadinimo srovė i_m iššaukia šilimos išsiskirimą induktorių apsukoje. Išsiskiriančios per sekundą induktorių apsukoje šiluminės energijos kiekis lygus $i_m{}^2r_m$, kur i_m srovės jėgos dydis induktorių apsukoje, o r_m ohminis tos apsukos pasipriešinimas. Taip pat šilimos pavidale aikvojama energija ir inkaro apsukoje. Tos energijos kiekis lygus $i_a{}^2r_a$, kur i_a srovės jėgos dydis armatūroje, o r_a ohminis armatūros pasipriešinimas. Tie apsukų šildymui nuostoliai vadinasi *vario nuostoliais*.

Magnetinis laukas per inkaro geležį turi pastovią kryptį, t.y. indukcijos linijos eina tam tikra pastovia kryptimi, iš šiaurės polio į pietų polį. Todel bet kokia sukančiojo inkaro geležies alelė santykyje su indukcijos linijų kryptimi maino savo padėtį. Iš tos priežasties geležies įmagnetinimas mainos . Dvipolinėje mašinoje pilnas inkaro geležies permagnetinimas įvyksta laike vieno pilno inkaro apsisukimo; daugpolinėje mašinoje, kuri turi 2p polių, ta permagnetinimas ištinka p kartų dažniau.

Iš Hysteresiso priežasties, laike kiekvieno permagnetinimo atliekamas darbas, kurio dydis prie f periodų per sekundą gali būti apskaičiuotas. Steinmetzo formula nurodyta paragrafe 10-me. Kaip iš tos formulos matome Hysteresiso nuostoliai priklauso nuo geležies

kiekio permagnetinimų skaičiaus ir nuo indukcijos dydžio. Be Hysteresiso nuostolių inkaro geležyje ištinka dar nuostoliai iš priežasties srovių Fuko. Kaip 21-me paragrafe nurodyta sumažinti srovių Fuko nuostolius galima padarius mašinos inkarą iš geležinių lapų. Hysteresiso ir srovių Fuko nuostoliai turi bendrą pavadinimą *nuostolių geležyje*. Braižinyje 149-me kreivomis nurodyti tie nuostoliai geležyje lapais 0,5 mm storumo vienam kilogramui svorio prie įvairių indukcijų B prie 100 ir 50 permagnetinimų per sekundą.

Be išvardintų svarbesnųjų nuostolių ekzistuoja dinamo mašinoje antraeiliai nuostoliai, kaip tai: nuostoliai ant srovių F ko inkaro apsukoje ir induktorių polių galūnėse; nuostoliai prie perėjimo srovės iš kolektorio į šepečius ir kiti.

Nuostolių dydis randasi tam tikrame santykyje su mašinos galingumu. Sekančioji lentelė nuošimčiais duoda, maždaug, vidutinį dydį nuostolių įvairaus mašinų galingumo:

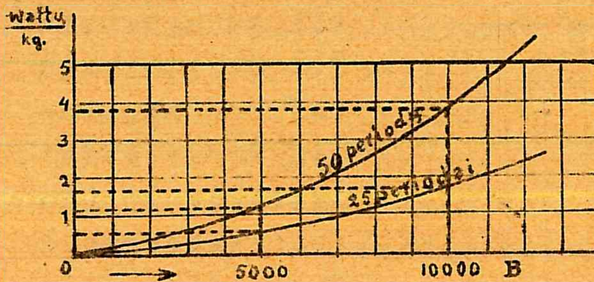
	Mašinos galingumas KW		
	10 KW.	100 KW.	1000 KW.
Trinimosi nuostoliai. .	3%	2%	1,5%
Vario nuostoliai. . . .	8%	4%	3%
Nuostoliai geležyje. .	. 5%	3%	2%
Viso.	. 16%	9%	6,5%

Ta lentelė rodo, kad mažose mašinose nuostoliai sudaro apie 15% mašinos galingumo, tuo tarpu, kaip didelėse mašinose tie nuostoliai siekia vos 6,5%. Labai mažose mašinose galingumo 1 KW ir mažiau nuostoliai siekia 30% ir

net daugiau.

Naudingo darbo koeficientu mašinos vadinasi *santykis tarp naudingos galios, kurią atiduoda mašina ir visos galios, kuri yra duodama mašinai.* Mašinos naudinga galia išsireikia sandauga ei, kur e yra įtempimas ant jos bornų, o i srovės jėga išorinėje grandinėje.

Galia, kuri suteikiama mašinai sulig viršišdėstyto susideda: iš mašinos naudingos galios ei, nuostoliu jos varyje $i_m^2 r_m + i_a^2 r_a$, nuostoliu geležyje ir visų kitų nuostolių. Todel naudingo darbo koeficientas išsireiškia:



Br.149 Nuostoliai geležyje lapais storumo 0,5 mm prie 50 ir 25 periodų į sekundą.

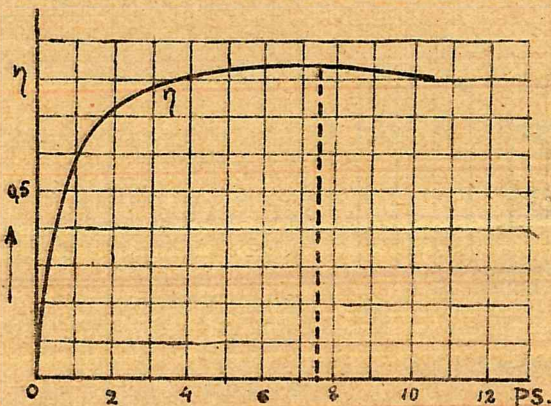
$$n + \frac{ei}{ei+i_m^2 r_m + i_a^2 r_a + A} \quad \ldots\ldots\ldots (85)$$

kur A sudaro nuostolius geležyje ir visus kitus nuostolius. Tokiu būdu, matome, kad naugo darbo koeficientas mažų mašinų sudaro 70% i mažiau, cuo tarpu kaip tas koeficientas didelių mašinų siekia 95%.

Mašinos atidavimas priklauso dar nuo jos apkrovimo; jei mašinos apkrovimas mažas, tai mažas bus ir jos atidavimas. Taip, prie apkrovimo lygaus nuliui atidavimas mašinos taipogi bus nulius, nes mašina neatlieka naudingo dar-

bo; jos sukimui energija yra aikvojama, bet visa ta energija lieka pačioje mašinoje nuostolių pavidale. Naudingo darbo koeficientas pasiekia savo maksimumo ptie normalio mašinos apkrovimo.

Jei ant abscisų ašies atidėsime mašinos apkrovimus, o ant ordinatų ašies mašinos naudingo darbo koeficientus, tai gausime kreivą br. 150. Iš tos kreivos matome, kad mašinos atidavimas auga sykiu su apkrovimu. Tai del to, kad mašinos nuostolių dydis mažai tepriklauso nuo jos apkrovimo. *Nuostoliai geležyje ir trinimosi nuostiliai nuo apkrovimo mašinos visai nepriklauso.*



Br.150 75 KW masinos atidavimo kreiva.

Didėjant apkrovimui auga nuostoliai tiktai varyje.

Kaip matome visi energijos nuostoliai išsiskiria pačioje mašinoje šilimos pavidale. Todel mašinos temperatūra darbe auga. Tas mašinos dalyse temperatūros au:imas, eina taip ilgai, kol išsiskiriančios mašinoje šilimos kiekis pasidaro lygus šilimos kiekiui, kurį mašina atiduoda į orą, tai yra iki to laiko, kol įvyksta lygsvara tarp gaunamos ir atiduodamos mašina šilimos. Išvengimui per daug didelio mašinos sušilimo, prie kurio gali sugesti izoliacija, maksimalį mašinos temperatūros

pakilimą daleidžia tiktai iki 60°C virš aplink esančios oro temperatūros, jei ji nedidesnė 35°C.

Iš pasakyto seka, kad mašinos galingumas labai priklauso nuo jos sušilimo. Todel reikalinga stengtis netiktai mašinos nuostolius sumažinti, bet ir pasirūpinti apie geresnę mašinos ventilaciją. Kad tą pasiekti mašinų inkare daro radialius ir ašimi lygiagrečius kanalus bei plyšius; ant ašies pritaiso ventiliatorio typo sparnus, o mašinos korpuse daro speciales skyles, per kurias oras liuosai gali pasiekti inkarą.

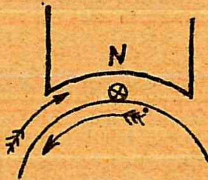
Visai uždengtos mašinos, kurias daro specialiams tikslams, kaip tai apsaugojimui mašinos dalių nuo vandens bei dulkių, šyla, žinoma, labiau, kaip atidengto typo mašinos. Todel uždengto typo mašina turi didesnes išmieras už mašiną tokio pat galingumo atidengto typo.

VII. NUOLATINĖS SROVĖS ELEKTRO VARYKLIAI.

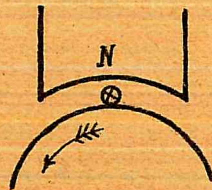
§ 46. *Variklio sukimosi kryptis.*

Nuolatinės srovės varykliai savo konstrukcija nė kiek nesiskiria nuo nuolatinės srovės dinamo mašinų. Kiekviena dinamo mašina gali dirbti tai kaipo mašina, tai kaipo varyklis. Jei mes dinamo mašiną varome, kaipo el. energijos generatorių, tai ji stengiasi pasidaryti varykliu (motoru), nes ji sudaro sukimo momentą, kursai priešinasi ją sukančiai jėgai. Taipogi dirbantis, kaipo motoras el. varykli stengiasi pasidaryti dinamo mašina, nes jame induktiruojasi e.v. jėga, kurios kryptis priešinga srovės krypčiai.

Dinamo mašinos inkaro judėsių sudaryta srovė priešinasi tam judėsiui, nes tarpusavis magnetinio lauko ir srovės veikimas išsireiškia jėga, kuri turi krypti priešingą armatū-



Br.151 Generatorius, kursai priešinasi jo inkaro sukimui.

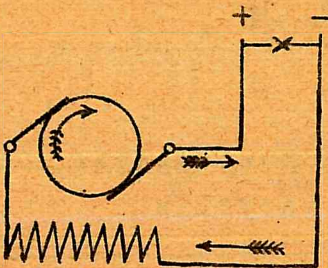


Br.152 Pats pradedąs suktis varyklis iš priežasties tarpusavio lauko ir srovės veikimo.

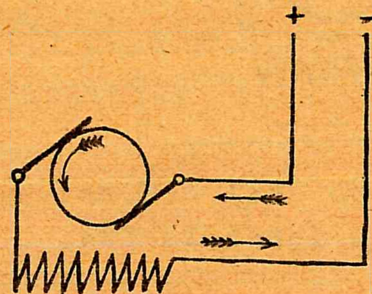
ros judėsio krypčiai. Jei, pavyzdžiui, dinamo mašinos inkaras sukasi laikrodžio rodyklio kryptimi, tai tarpusavis magnetinio lauko ir srovės inkare veikimas išsireiškia jėga, kurios kryptis priešinga laikrodžio rodyklio judėsio krypčiai br. 151.

Įsivaizdinkime dabar, kad į ramiai stovinčią mašiną paleista srovė tos pačios krypties, kokią ji turėjo generatoriuje br. 152. Lauko ir srovės tarpusavio veikimo jėgos kryptis liko tokia pat, kaip nurodyta br. 151. Todel mašina suksis priešinga kryptimi. Reiškia, *jei inkare ir magnetuose srovės kryptis nesimaino, tai mašinos, kaipo varyklio, sukimosi kryptis priešinga sukimosi krypčiai mašinos kaipo generatorio.* Tačiau iš to dar negalima padaryti išvados, kad kiekviena dinamo mašina paleista kaipo varyklis, suksis priešingon pusėn.

Tikrai, jei mes *series mašiną paleisime motoru, tai sukimosi kryptis persimainys br. 153 ir 154.*



Br. 153 Series mašina, kaipo generatorius.

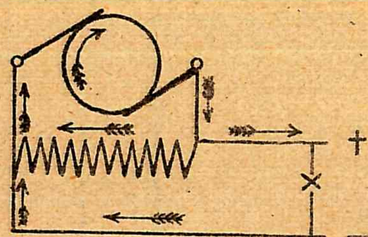


Br. 154 Series mašina, kaipo varyklis.

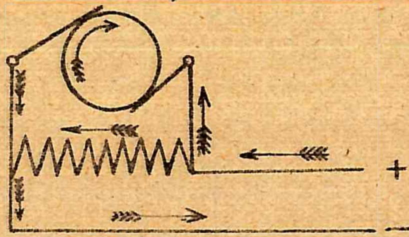
Leidžiant series mašiną motoru srovės kryptį mainome, kaip induktoriuose, taip ir armaturoje. Tas, atžvilgiu tarpusavio lauko

ir srovės veikimo, yra visvien, kaip ir nepermainyti srovės krypties. Todel series motoras ir sukasi priešingon dinamo mašinos sukimosi pusėn. *Jei reikalinga, kad series motoras suktusi tokion pat pusėn, kaip dinamo, tai reikia perjungti laidos prie šepečių, arba prie induktorių apsukos. Taipogi, jei series varyklis turi suktis ta pačia kryptimi, kuomet ji įjungia, kaipo dinamo, reikalinga perjungti sužadinimo apsuką santykyje su inka u.* Kitokiu būdu nebus galima sužadinti magnetizmo mašinoje, nes sudaroma liekanomis magnetizmo e.v. jėga, turi tą pačią kryptį, kaip ir priešveikiančioji e.v.jėga varyklio, tai yra sudaro tokią srovę, kuri mažina magnetizmo liekanas.

Pažiūrėsime dabar, kaip galima, nemainant perjungimo, *šunt mašiną* suvartoti kaipo varyklį. Br. 155 ir 156.



Br.155 Šunt mašina, kaipo generatorius.



Br.156 Šunt mašina, kaipo varyklis.

Kaip nurodyta br. 155 ir 156 kryptis srovės sužadinimo apsukoje liks ta pati, bet srovės kryptis armatūroje persimainys. Todel *mašina, kaipo motoras turės tą pačią sukimosi kryptį, kokią turėjo dirbdama, kaipo generatorius,* nes jei srovės kryptis nebūtų persimainius nei magnetuose, nei inkare, tai maši-

na kąipo motoras suktusi priešingon generatorio sukimosi pusėn.

§ 47. Sukimo momentas, apsisukimų skaičius ir galia.

Sulig § 22 magnetinio lauko ir laidininko su srove tarpusavio veikimo jėga išsireiškia formula:

$$P = B.l.i.10^{-1} \text{ dynų} = \frac{B.l.i.10^{-1}}{981000} \text{ kgr}$$

Jei armatūros apsuka sudaryta iš Z vielų, kurios guli ant inkaro paviršiaus, o kiekvienos jų ilgis lygus l' cm, ir jei mašina turi 2p polių ir β yra kampas sulig kurio iš armatūros centro matom s polio galūnės paviršius, tai inkaro apsukos vielų ilgis, kurios guli po visais 2p mašinos poliais bus:

$$l = \frac{2p.z.\beta.l'}{360} \text{ centimetrų}$$

Todel jėga P, kuri suka armatūrą išsireikš:

$$P = B.\frac{2p.z.\beta.l'}{360}.\frac{i.10^{-1}}{981000} \text{ kgr.}$$

Turint omenyje, kad kiekviename armatūrųs apsukos išsišakojime srovė i lygi srovei $\frac{i_a}{2p}$, kur i_a yra visa išeinanti iš vienvardžių šepečių srovė, o 2p polių kiekis mašinoje, galima parašyti:

$$P = B.\frac{2p.z.\beta.l'}{360.2p}.\frac{i_a.10^{-1}}{98100} \text{ kgr.}$$

Jėga P pridėta ant armatūros paviršiaus, Jei armatūros diametras lygus d centimetrams, tai sukimo momentas M bus:

$$M = P\cdot\frac{0{,}01.d}{2} = B\cdot\frac{2p.z.\beta.l'.10^{-8}}{360.2p.9{,}81}\cdot i_a\cdot\frac{d}{2} =$$

$$= \frac{2p.z.10^{-8}}{2.9{,}81.2p.\pi}\cdot\frac{\pi.d.\beta.l'}{360}\cdot B\cdot i_a \text{ kgm}$$

Kadangi $\frac{\pi.d.\beta.l'}{360}$ yra paviršius, kursai guli prieš armatūros polių, tai $\frac{\pi d.\beta.l'}{360}.B$ bus įeinąs į armatūrą iš vienos polio galūnės indukcijos sriautas. Todel formula inkaro sukimo momento priims išvaizdą:

$$M = \frac{z.10^{-8}}{9{,}81.2\pi}\cdot\Phi\cdot i_a = K.\Phi.i_a \text{ kgm}. \quad (86)$$

Kur koeficientas K išsireiškia:

$$K = \frac{z.10^{-8}}{9{,}81.2\pi}.$$

Iš tos formulos seka, kad *prie pastovaus lauko Φ variklio armatūroje srovė i_a priklauso tiktai nuo sukimo momento, t.y. variklio armatūroje srovės jėga i_a įgyja tokį dydį, kursai atsako variklio sukamam momentui, sudarytam variklio apkrovimu.*

Dabar surasime santykį tarp srovės jėgos i_a variklio armatūroje, pridėto ant variklio bornų įtempimo e, priešveikiančios variklio e.v. jėgos e_a, skaičiaus inkaro apsisukimų per sekundą $N = \frac{n}{60}$ ir armatūros apsukos pa-

sipriešinimo r_a.

Įjungus variklį į grandinę pastovaus įtempimo e, varyklio armatūroje gausime srovės jėgą:

$$i_a = \frac{e}{r_a} \text{ Amperų} \quad \ldots\ldots\ldots (87)$$

Iš priežasties tarpusavio srovės i_a veikimo ir sudaryto induktoriais magnetinio lauko Φ armatūra pradės suktis. Kadangi armatūros apsukos vielos perpiaus indukcijos linijas lauko Φ, tai armatūros apsukoje induktiruosis e. v. jėga. Kryptį jos surasime dešinės rankos dėsniu, o dydis jos išsireiškia:

$$e_a = \varphi . z . \frac{n}{60} . 10^{-8} \text{ voltų} \quad \ldots (88)$$

Kadangi e.v. jėgos e_a kryptis priešinga pridėto įtempimo e krypčiai, tai srovės jėga armatūroje sumažės iki:

$$i_a = \frac{e - e_a}{r_a} \text{ Amperų} \quad \ldots (89)$$

Iš 89 lygties gauname:

$$e_a = e - i_a r_a \quad \ldots\ldots\ldots (90)$$

Is 90 ir 88 lygčių, gauname:

$$\varphi . z . \frac{n}{60} . 10^{-8} = e - i_a r_a, \text{ iš kur}$$

$$n = \frac{(e - i_a r_a) . 60 . 10^{+8}}{\varphi . z} \quad \ldots (91)$$

Devyniasdešimt pirma (91) formula rodo, kad varyklio apsisukimų skaičius priklauso nuo

pridėto ant variklio bornų įtempimo e, srovės jėgos armatūroje i_a ir – indukcijos sriauto Φ.

Kuomet Φ pastovus, tuomet inkaro apsisukimų skaičius n priklauso tiktai nuo pridėto įtempimo e, ir nuo srovės jėgos armatūroje i_a.

Įtekmė srovės jėgos armatūroje i_a ant skaičiaus inkaro apsisukimų n nedidelė, nes armatūros pasipriešinimas r_a, bendrai imant, labai mažas; todel ir sandauga $i_a . r_a$ maža. Tokiu būdu *prie pastovaus Φ, augant pridėtam įtempimui e, inkaro apsisukimų skaičius didėja.*

Varyklio apsisukimų skaičiaus prigulmybė nuo lauko Φ. Daleiskime, kad pridėtas ant varyklio bornų įtempimas pastovus, o mainosi sužadinimo srovė, reiškia, ir laukas Φ.

Sulig 91 lygties, mažėjant laukui, varyklio apsisukimų skaičius didėja. **Kadangi** nuo lauko priklauso varyklio sukimo momentas (lygtis 86–a), tai reikėtų laukti, jog mažėjant laukui, mažės ir sukimo momentas. Bet to neatsitinka, ir štai del ko: kadangi sulig 88 lygties nuo lauko priklauso ir priešveikiančioji e.v. jėga, tai mažejant laukui, mažėja e_a, o sumažejus priešveikiančiai e.v. jėgai, pakyla srovės jėga i_a armatūroje, kaip tas seka iš 89–os lygties. *Todel rezultate sumažėjimo lauko Φ gauname nesumažintą sukimo momentą, bet padidintą, t.y. tokį sukimo momentą, kursai padidina varyklio apsisukimų skaičius.* Todel varyklio apsisukimų skaičius augs tol, kol priešveikiančioji e.v. jėga nepasidarys lygi tai, kuri buvo pirm sumažinimo lauko Φ. Kol priešveikiančioji e.v. jėga nesusilygins su pirm buvusia, įtempimas ant bornų e, sulig 89 lygties sudarys srovę i_a didesnę pirm buvusios.

Jei visai išjungti magnetizmo sužadinimo grandinę, tai liks tiktai magnetizmo liekanos. (mašinos remanentinis laukas). Kad tos magnetizmo liekanos galėtų sudaryti ganetiną priešveikiančią e.v. jėgą (lygtis 89-ta), inkaro apsisukimų skaičius turi pasidaryti pavojingai didelis, prie kurių varyklis gali sulūžti – (išlakstyti į visas puses). Čia gali būti klausimas tiktai tame, ar varyklio magnetizmo liekanos sykiu su srove i_a, išgalės sudaryti reikalingo dydžio sukimo momentą. Jei magnetizmo liekanos labai mažos, tai srovė armatūroje pasidarys labai didelė ir sudegs apsaugotojai. Todel dirbant su varykliu reikia kreipti domę į tą, *kad pirm išjungimo inkaro iš grandinės nebūtų pertraukta srovė sužadinimo apsukoje*, ir kad varyklis būtų apsaugotas normaliais apsaugotojais.

Mechaninė varyklio galia sulig § 22 išsireiškia:

$$A_s = e_a i_a \text{ Wattų. . . . . . (92)}$$

Kur e_a priešveikiančioji varyklio e.v. jėga, ir i_a srovės jėga jo armatūroje.

Suteikiama (duodama) varykliui galia yra:

$$A_s = ei \text{ Wattų, ... (93)}$$

kur e pridėtas prie varyklio bornų įtempimas ir i srovės jega penenčioje varyklį grandinėje.

Jei nebūtų pačiame varyklyje nuostolių, tai suteikiama varykliui elektrinė galia būtų lygi varykliu sudaromai mechaninei galiai.

Varyklio mechaninę galią mes galime dar išreikšti, kaipo sandaugą veikiančios ant inkaro paviršiaus jėgos ir judėsio greitumo. Jei veikianti ant inkaro paviršiaus jėga yra P, o inkaro sukimosi greitumas yra v, tai mechaninė varyklio galia bus:

$$A_s = P.v \ldots\ldots\ldots\ldots (94)$$

Kadangi varyklio sukimo momentas išsireiškia:

$$M = P.\frac{0,01d}{2} \text{ kgr},$$

tai jėga P išsireiškia:

$$P = \frac{2\ M}{0,01d} \text{ kgr}.$$

Armatūros sukimosi greitumas bus:

$$v = \frac{\pi.0,01.d.n}{60} \text{ mtr/sek.},$$

kur d yra inkaro diametras išreikštas centimetrais ir n jo apsisukimų į minutę skaičius.

Dabar 94 formula galima parašyti sekančiai:

$$A_s = \frac{2M}{0,01d}.\frac{\pi.0,01d.n}{60} = \frac{2\pi}{60}.M.n \text{ kgr/mtr.} \ldots (95)$$

arba: $A_s = \frac{2\pi}{60}.M.n.9,81$ Wattų . . . . . .(96)

arba $A_s = K'.M.n = 1,03M.n$ Wattų. . . . (97)

kur $K' = \frac{2\pi}{60}.9,81 = 1,03$

Paskutinės trys formulos rodo, kad *variklio galia proporcinga sukimo momentui ir inkaro apsisukimų skaičiui.*

Iš 96-os lygties sukimo momentui gauname sekantį reiškinį:

$$M = \frac{60}{2\pi.9,81}.\frac{A_s}{n} = K''.\frac{A_s}{n} = 0,973\frac{A_s}{n} \text{ kgr/mtr.} \quad (98)$$

Iš tos formulos seka, kad jei *prie tam tikro sukimo momento M, variklio apsisukimų skaičius padidėtų, tai proporcingai padidės ir variklio galia.*

Dabar pažiūrėsime, kuomet variklis įgyja didžiausią galią? Iš 92 ir 90 lygčių seka, jog mechaninė variklio galia gali būti išreikšta:

$$A_s = e_a i_a = (e-i_a r_a) i_a \text{ wattų} \; . \; . \; . \; . \quad (99)$$

Sulyginę antrą (99) ir (96) lygčių dalį, gauname:

$$\frac{2\pi.9,81}{60}.M.n = ei_a - i_a^2 r_a \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (100)$$

Toji lygtis rodo, jo *mechaninė variklio galia prie tam tikro i_a turi maksimumą.*

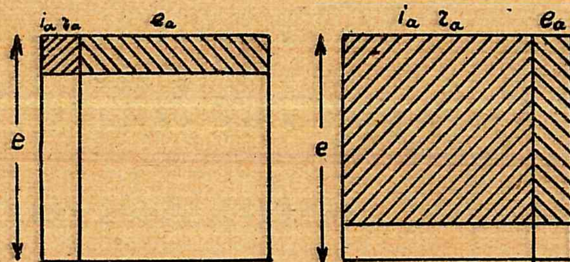
Tikrai nekreipiant domės į įvairius energijos nuostolius variklyje, išskyrus nuostolius inkaro varyje, reiškinyje $ei_a - i_a^2 r_a$ narį ei_a galima priimti už energiją, kuri suteikiama varikliui, o narį $i_a^2 r_a$ – kaipo nuostolius, nes ta energija suvartojama pačiame variklyje inkaro apsukos šildymui. Jei mes surasim reiškinio $ei_a - i_a^2 r_a$ maksimumą, tai tas maksimumas

ir bus maksimalė variklio mechaninė galia.

Reiškinys $ei_a - i_a^2 r_a$ pasiekia maksimumą prie $i_a r_a = \frac{e}{2}$. Tą galima paaiškinti sekančiai: br. 157.

Išbrėšime kvadratą, kurio pusė lygi pridėtam įtempimui e. Tas įtempimas varyklyje suvartojamas dalinai ohminiame inkaro apsukos pasipriešinime $i_a r_a$ ir dalinai pergalėjimui varyklio priešveikiančios e.v. jėgos e_a.

Reiškia, užštrichuoti stačiakampiai vaizduoja mechaninę varyklio galią, o užštrichuoti kvadratai galią, kuri yra suvartojama pačiame varyklyje kaipo nuostoliai. Visas užštrichuotas plotas vaizduoja suteiktą varykliui galią. Iš tų braižinių matome, jog stačiakampis, kaip prie didelės, taip ir prie mažos srovės jėgos i_a bus mažas. Didžiausias jo plotas bus tuomet, kuomet $i_a r_a = \frac{e}{2}$. *Tokiu būdu, didžiausią galią įgyja varyklis tuomet, kuomet nuostoliai jame lygūs mechaninei jo galiai.* Iki tokio didelio apkrovimo eksploatacijoje varyklis nekuomet neapkraunamas, nes jo apsukos sudegtų. To mažai, varyklio atidavimas prie to apkrovimo lygus 50%, tuo tarpu kaip atidavimas varyklio normalėse darbo sąlygose toks pat, kaip ir dinamo mašinos, tai yra apie 70% mažiems agregatams iki 1 KW ir apie 95% dideliems varyk-



Br.157 Pilna galia, mechaninė galia, ir nuostoliai inkaro varyje.

liams.

§ 48. *Series varykliai.*

Naudojantis išvestomis § 47-me formulomis, išaiškinsime variklių ypatybes. Armatūroje, induktoriuose ir išorinėje grandinėje srovės jėga series varykliuose turi vienodą dydį, tai yra

$$i_a = i_m = i.$$

Daleiskime, kad ant varyklio bornų laikomas pastovus įtempimas e. Pradžioje, tik ką įjungus varyklį, srovės jėga armatūroje bus labai didelė, nes priešveikiančioji e.v. jėga e_a=0, o srovės jėgos dydis išsireiškia formula: $i_a = (e-e_a):(r_a+r_m)$, kur r_a ir r_m armatūros ir induktorių apsukų pasipriešinimai. Jei srovės jėga i_a = i bus maksimalė, tai ir sriautas Φ bus taipogi maksimalis, nes Φ priklauso nuo ampervijų kiekio induktoriuose.

Prie didžiausio i_a turėsime didžiausį sriautą Φ ir sukimo momentą M, nes $M = K.\Phi.i_a$.

Reiškia, series varykliai *charakterizuojasi tuo, kad pradžioje turi maksimalį sukimo momentą ir maksimalę srovės jėgą.*

Augant sukimosi greitumui, priešveikiančioji e.v. jėga varyklio taipogi auga. Todel srovės jėga i_a mažėja, kaip tas seka iš formulos:

$$i_a = \frac{e-e_a}{r_a+r_m}$$

Mažejant i_a indukcijos sriautas Φ ir sukimo

momentas M taipogi mažėja, nes Φ priklauso nuo ampervijų skaičiaus, o M nuo Φ ir i_a.

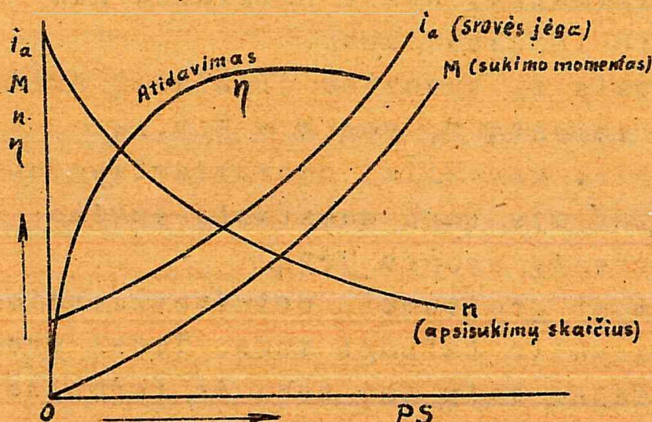
Pažiūrėsime dabar, kaip mainysis variklio sukimosi greitumas santykyje su jo apkrovimu.

Sukimosi greitumas ir mechaninė variklio galia išsireiškia formulomis:

$$n = \frac{(e - i_a r_a) 60 . 10^8}{\Phi . z}$$

$$A_s = \frac{2\pi . 9{,}81}{60} . M . n = e_a i_a \text{ wattų.}$$

Paskutinė formula rodo, kad prie didelio variklio apkrovimo bus didelė srovės jėga i_a. Jei i_a bus didelė, tai ir Φ bus didelis. Todel, prie didelio variklio apkrovimo formuloje, išreiškiančioje variklio apsisukimų skaičių vardiklis $\Phi . z$ didės, o skaitiklis mažės.



Br. 158 Series variklio charak eristikos.

Rezultate gausime sumažėjimą visos trupmenos. Reiškia, *didėjant apkrovimui, sukimosi greitumas series variklio mažėja.*

Tokiu būdu series varikliai prie pastovaus įtempimo charakterizuojasi sekančiomis ypatybėmis:

Pradžioje sukimo momentas didžiausias, pas-

kiau jis greitai mažėja. Didėjant varyklio apkrovimui, jo sukimosi greitumas mažėja.

Santykis tarp M, n, i ir Φ gali būti išreikštas kreivomis, kurios vadinasi *varyklio charakteristikomis*.

Br. 158-me ant abscisų ašies atidėti varyklio apkrovimai arklio jėgomis PS o ant ordinatų ašies visi kiti dydžiai.

Tos kreivos rodo, jog, *augant apkrovimui, sukimo momentas ir srovės jėga varyklio didėja, o sukimosi greitumas mažėja*. Kaslink naudingo darbo koeficiento, tai matoma, kad toji *kreiva turi maksimumą*.

Permainymui *series varyklio sukimosi krypties reikia permainyti srovės kryptį, arba armatūroje, arba induktoriuose,* tai yra išjungti grandinę toje vietoje, kur inkaras nuosekliai sujungiamas su induktoriais ir inkarą sujungti su kitu galu induktorių apsukos.

§ 49. Šunt varykliai.

Šunt varykliuose inkaro ir sužadinimo apsukos įjungtos į tinklą lygiagrečiai.

Daleiskime, kad ant varyklio bornų laikomas pastovus įtempimas e. Kadangi sužadinimo apsuka įjungta lygiagrečiai su inkaro apsuka, tai srovės jėga sužadinimo apsukoje bus pastovi $i_m = \frac{e}{r_m}$. Taipogi bus pastovus ir sriautas Φ, nes jis priklauso nuo ampervijų skaičiaus sužadinimo apsukoje.

Pradžioje, tik ką įjungus varyklį, srovės jėga armatūroje bus labai didelė, nes priešveikiančioji e.v. jėga $e_a = 0$, o srovės jėgos dydis armatūroje išsireiškia:

$$i_a = \frac{e-e_a}{r_a},$$

kur r_a armatūros apsukos pasipriešinimas.

Sukimo momentą M pradžioje taipogi turėsime maksimalį, nors netokį didelį, kaip series varykliuose, nes čia sriautas pastovus; todel ant sukimo momento persimainymo veiks tiktai srovės jėga armatūroje.

Kadangi prie pastovaus ant variklių bornų įtempimo sriautas visą laiką lieka pastovus, tai *sukimo momentas bus tiesiai proporcingas srovės jėgai armatūroje, kaip tas seka iš formulos:*

$$M = K.\Phi.i_a$$

Pažiūrėsime dabar, *kaip mainysis variklio sukimosi greitumas santykyje su jo apkrovimu?*

Sukimosi greitumas ir mechaninė variklio galia išsireiškia formulomis:

$$n = \frac{(e-i_a r_a).60.10^8}{\Phi.z}$$

$$A_s = \frac{2\pi.9,81}{60}.M.n = e_a.i_a \text{ Wattų}$$

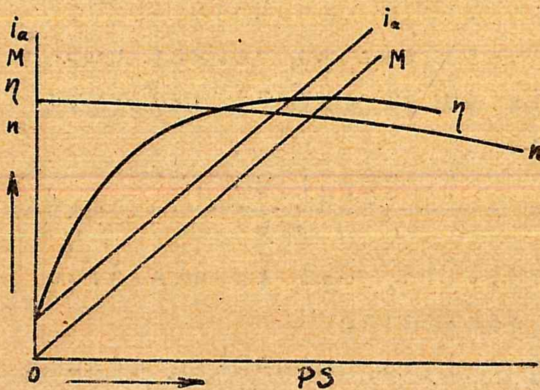
Paskutinė formula rodo, kad prie didelio variklio apkrovimo bus didelė ir srovės jėga armatūroje.

Kaslink sukimosi greitumo, tai augant i_a, sukimosi greitumas turės mažėti. Tačiau tas mažėjimas eis daug lečiau, kaip series varyk-

liuose, nes čia Φ turėtų būti pastovus. Kadangi Φ iš priežasties armatūros reakcijos nelieka pastovus, bet mažėja, ir kadangi mažėjant Φ, sukimosi greitumas turėtų didėti, tai *rezultate gauname labai nedidelį sumažėjimą sukimosi greitumo šunt varyklio.* Todėl šunt arykliai vartojami visur, kur prie įvairių apkrovimų reikalingas pastovus sukimosi greitumas.

Br. 159 vaizduoja šunt varyklio charakteristikas:

Sulyginus kreivas br. 159 su kreivomis br. 158 aiškiai matosi skirtumas tarp šunt ir series varyklių.



Br. 159 Šunt varyklio charakteristika.

Pamainymui šunt varyklio sukimosi krypties reikalinga permainyti srovės kryptį arba armatūroje, arba induktoriuose, t.y. perjungti abi vielas arba induktorių, arba armatūros tose vietose, iš kurių eina atsišakoimai į induktorius ir armatūros apsukas.

§ 50. Compound varykliai.

Compound varykliai vartojami ten, kur prie įvairių apk ovimų reikalinga turėti pastovų sukimosi greitumą, arba labai didelį pradinį

sukimo momentą.

Pažiūrėsime ką reikia daryti, kad prie pastovaus įtempimo e ir įvairaus srovės jėgos dydžio, turėti pastovų sukimosi greitumą n?

Tokiuose atsitikimuose vartojama, taip vadinama, differencialė apsuka. Principas jos sekantis: ant induktorių įtaiso nuoseklią ir lygiagretę apsukas.

Nuoseklia apsuka leidžia srovę tokios krypties, kad toji srovė mažintų magnetinį lauką, kurį sudaro lygiagretė apsuka. Tokiu būdu susidaro defferencialė magnetizmo sužadinimo sistema.

Lygiagretė apsuka sudaro am tikro dydžio lauką Φ. Kuomet nuoseklioje apsukoje srovė pasididina, pradeda intensiviau veikti nuoseklioji apsuka, prie to ji mažina sudarytą lygiagrete apsuka lauką.

Todel formuloje $n = \frac{(e-i_a r_a).60.10^8}{\Phi.z}$ mažėja skaitiklis ir vardiklis, del to skaičius variklio apsisukimų *nesimaino*.

Leidžiant variklį reikia nuoseklią apsuką išjungti; jei to nedaryti, tai reikia mainyti joje srovės kryptį. Nuoseklioji apsuka su permainyta srovės kryptimi sudarys magnetinį lauką tokios pat krypties, kaip ir lygiagretė apsuka. Todel gausime labai stiprų magnetinį lauką ir labai didelį pradinį sukimo momentą.

Jei vartoja apsuką be srovės krypties permainymo, tai tą apsuką prijungia tuomet, kuomet variklis įgyja normalį sukimosi greitumą.

Differencialė sistema netinka tuomet, kuomet pasipriešinančios jėgos dažnai ir didelėse ribose mainosi. Tokiuose atsitikimuose

srovė nuoseklioje apsukoje gali ant tiek padidėti, kad persimainys induktorių įmagnetinimo kryptis.

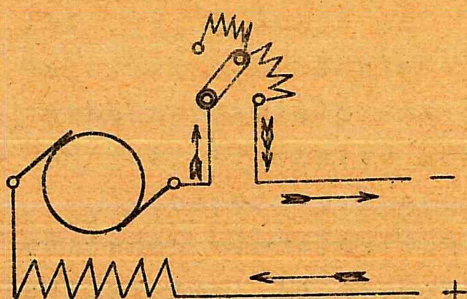
Kuomet reikalingas labai didelis pradinis momentas, kaip pavyzdžiui, kalnų pramonėje, tai vartojami varykliai su tokia compound apsuka, kuri sudaro vienodos krypties magnetinį lauką su lygiagrete apsuka.

§ 51. *Elektro varyklių reguliavimas.*

Kaip matome iš formulos $n = \frac{(e - i_a r_a) . 60 . 10^8}{\Phi . z}$ varyklio sukimosi greitumą galima mainyti dvejopai: arba mainyti įtempimą e, arba sriautą Φ.

Pirmas ir antras būdai vartojami praktikoje. Mainymui pridėto įtempimo e galima nuosekliai su varykliu įjungti pasipriešinimą – reostatą.

Mainymui Φ į sužadinimo magnetizmo grandinę įjungia reostatą br. 160 ir 161, arba magnetizmo sužadinimo apsuką dalina į dalis ir tokiu būdu maino sužadinimo apsukoje ampervijų kiekį br. 134.



Br. 160 Series varyklis su nuosekliai įjungtu reostatu.

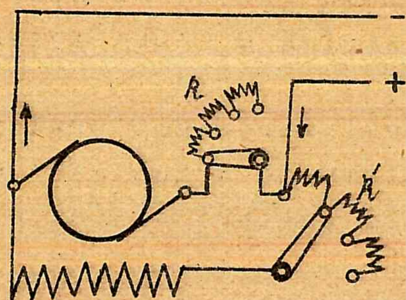
Mažinant sužadinimą didinsime inkaro apsisukimų skaičių. Nuosekliai įjungiamieji reostatai vartojami netiktai inkaro sukimosi reguliavimui, bet ir va-

ryklio paleidimui. Todel jie ir vadinasi *leidžiamais reostatais.*

Iš formulos $i_a = \frac{e-e_a}{r_a}$ matome, kad pradžioje srovės jėgos dydis priklauso tiktai nuo pridėto įtempimo e ir varyklio pasipriešinimo.

Jei nuosekliai su varykliu įjungsime pasipriešinimą R, tai prie tokio pat tinklo įtempimo e, srovės jėga varyklyje bus mažesnė, kaip tas ir seka iš formulos: $i_a = e:(r_a+R)$

Augant varyklio sukimosi greitumui, auga ir priešveikiančioji e.v. jėga e_a. Todel pasipriešinimą R galima mažinti. Kuomet varyklis įgys normalį apsisukimų skaičių, reostatą R galima visai išjungti. Vietoje dviejų reostatų, leidžiamojo R ir, reguliuojančio sužadinimo magnetizmo srovė R', br. 161 praktikoje vartojamas toks reostatas, kuriame įtaisyti abudu reostatai R ir R', br.162 vaizduoja tokį reostata vadinamą *reguliuojančiu reostatu.*

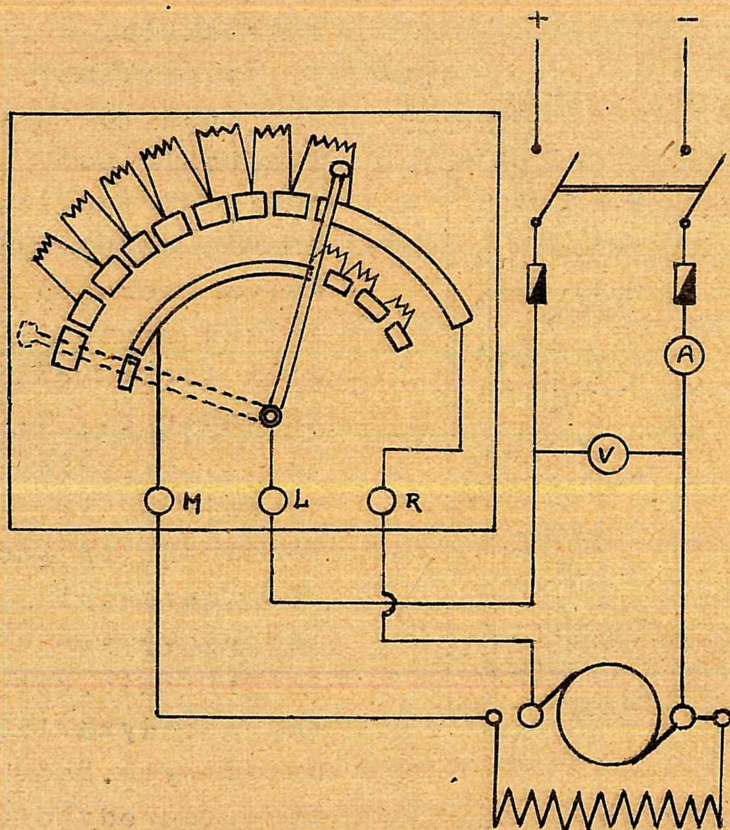


Br.161 Šunt varyklis su dviem reostatais mainymui e ir Φ.

162-me braižinyje be reguliuojančio reostato parodyti išjungiklis, apsaugotai, ampermetras ir voltmetras, kaip tai visados daroma statant maždaug didesnius varyklius.

Komutatoriai, pagalba kurių maino įjungtų magnetizmo sužadinimo apsukos vijų skaičių, vadinasi *kontroleriais.* Tokiuose atsitikimuose vartoja tokius varyklius, kurių sužadinimo

apsukos padalytos į sekcijas. Pagalba kontrolerio galima netiktai didesnį bei mažesnį tų sekcijų kiekį sujungti nuosekliai, arba jas visai išjungti, bet daryti ir kitokias kombinacijas, kaip,pavyzdžiui, mainyti srovės kryptį induktorių bei armatūros apsukoje ir t.p. Kontrolerio principas sekantis:



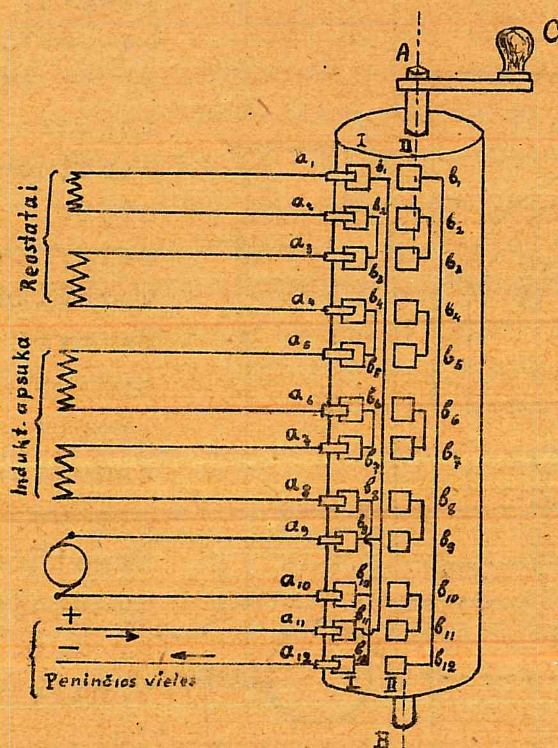
Br. 162 Pagalba reguliuojancio reostato prijungimo prie tinklo sunt varyklio schema.

Įsivaizdinkime sau iš izoliruojančios medžiagos cilinde į, kursai pagalba rankenos C br. 163 gali būti sukamas apie ašį AB.

Ant to cilinderio paviršiaus pritaisyti variniai kontaktai b_1, b_2, b_3 ...b_{12}. Cilinderis su kontaktais įtaisytas į tam tikrą dežę. Ant tos dežės vidujinių sienų pritaisyti šepečiai a_1, a_2, a_3....a_{12}; kurie liečia kon-

taktus b_1, b_2, b_3.....b_{12}.

Tie šepečiai sujungti su penejančiomis laidomis tinklo, varyklio armatūra, atskiromis sekcijomis (špuliomis) induktorių apsukos, ir reostatais.



Br. 163 Paprasciausio kontrolerio schema.

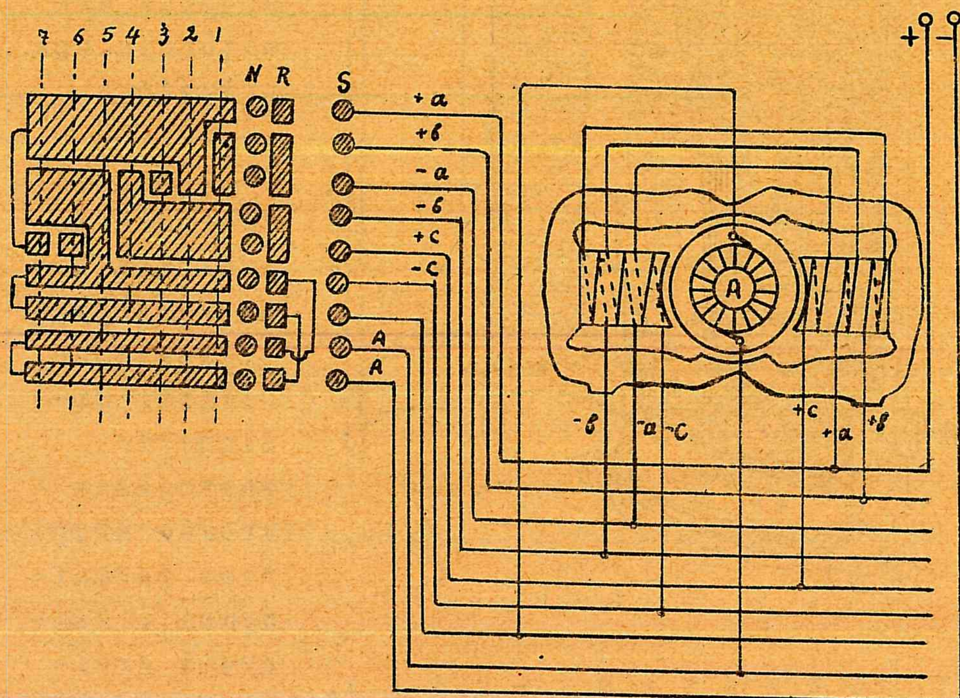
Daleiskime, kad induktorių įmagnetinimui turime 2 špulias, srovės reguliavimui-2 reostatu ir kad kontrolerius turi 2 eili kontaktų b_1, b_2, b_3.....b_{12}, kiekvienoje po 12 kontaktų, ir kad tie kontaktai tarpusavy sujungti taip, kaip tas parodyta 163 braižinyje. Padėtyje, nurodytoje ant to braižinio šepečiai a_1, a_2, a_3.....a_{12} liečia pirmos eilės kontaktus.

Srovė iš penenčių vielų eis per kontrolerį į varyklį ir įeidama į varyklį išsišakos į dvi grandini, būtent: vienas atsišakojimas į armatūrą, o kitas į induktorius su reostatais, nes induktorių apsukos ir abudu reostatai sujungti nuosekliai. Pasukę rankeną C taip, kad šepečiai a_1, a_2, a_3...a_{12} leistų antros eilės kontaktus, gausime tiktai vieną grandinę. Toje amžioje padėtyje armatūra, induktoriai ir

reostatai sujungti nuosekliai; prie to srovė armatūroje ir kitose varyklio dalyse eis kryptimi priešinga tai, kuri buvo pirmutinėje kontrolerio šepečių padėtyje.

Kontaktų eilių kiekis gali būti kaip norint didelis, todel, sukant cilinderį apie ašį AB, bus galima varyklį labai gerai reguliuoti ir mainyti jo sukimosi kryptį.

Br. 164 vaizduoja varyklio sujungimo schemą pagalba kontrolerio. Cilinderis su kontak-



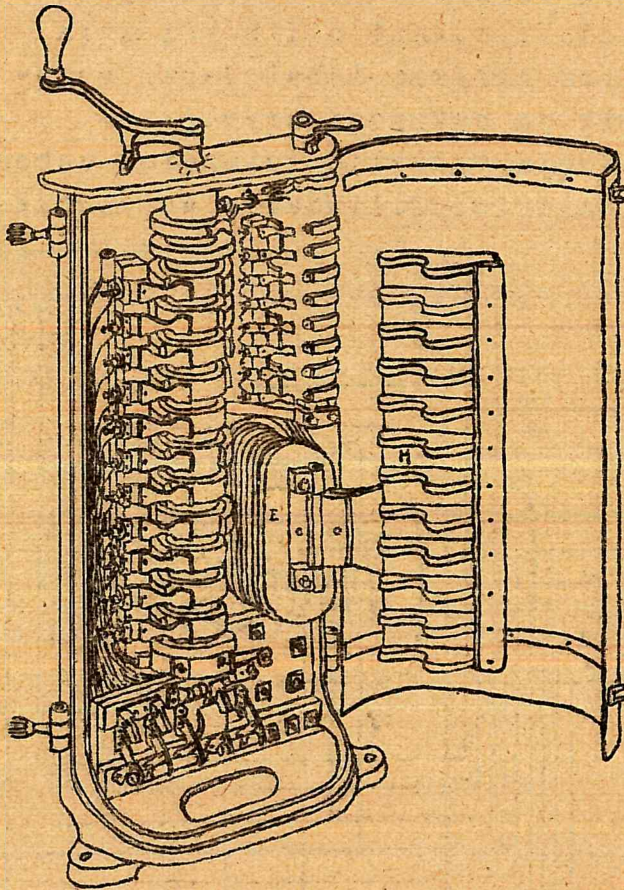
Br. 164 Varyklio sujungimo schema pagalba kontrolerio.

tais išviniotas ant plokštumos. Šepečiai, su kuriais sujungtos apsukos paženklinti raide S. Pasukdami cilinderį taip, kad tie šepečiai leistų kontaktus 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

eilės, gausime įvairius apsukų sujungimus.

Jei šepečiai lies kontaktus eilės N, tai visos apsukos bus išjungtos.

Padėtyje gi šepečių ant kontaktų eilės R visos apsukos bus sujungtos nuosekliai, taip pat, kaip ir padėtyje I-je, bet srovės kryptis armatūroje bus priešinga.



Br. 165 K o n t r o l e r i u s.

Br. 165 rodo naturalę kontrolerio išvaizdą typo vartojamo tramvajuose. Dešinis cilinderis vartojamas srovės krypties permainymui, o kairysis greitumo reguliavimui.

Tramvajuose kontrolerius stato ant vagonų stabdžių.

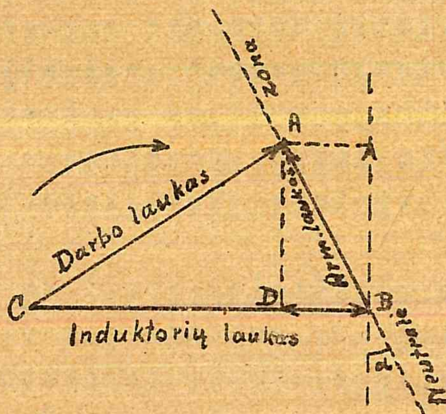
Elektro varyklio be kibirkščių darbo sąlygos Paragrafe 44-me mes matėme, kad mašinos, kurios neturi kompensacijinės apsukos ir dapildančių polių, gali dirbti be kibirkščių

tiktai pasukus šepečius pirmyn kryptimi mašinos sukimosi.

Jei varyklio magnetinio lauko kryptis ir jo sukimosi kryptis tokia pat, kaip generatorio, tai varyklio armatūros apsukoje srovė ir jo armatūra sudarytas magnetinis laukas turi kryptį priešingą srovės krypčiai ir armatūros laukui generatorio. Tas parodyta braižinyje 166.

Santykyje su neitrale zona, kaip matoma iš 166 br., dirbančio varyklio šepečiai turi būti pasukti *atgal*, tai yra kryptimi priešinga varyklio sukimosi krypčiai.

Varykliuose, kurie turi kompensacijinę apsuką, bei dapildančius polius nereikalinga mainyti šepečių padeties. Prie įvairių varyklio apkrovimų šepečiai liekasi simetrinėje tarp polių plokštumoje.



Br.166 Magnetinių laukų varyklio diagrama.

VIII. AKUMULIATORIAI.

§ 52. *Akumuliatorio principas.*

Perkeitus elektrinę energiją į cheminę galima ją *sukaupti* ir laikyti atsargoje.

Aparatai, kurie priima savin elektrinę energiją, perkeisdami ją į cheminę ir užlaiko savyje tą energiją pavidale cheminės energijos, kurią paskiau, reikalui esant, vėl atiduoda pavidale elektrinės energijos, vadinasi akumuliatoriais. Iki šio laiko, praktikoje, labiausiai vartojamas švininis akumuliatorius. Jo principas sekantis:

Įleiskime dvi švino plokšteles į silpną sieros rūkšties skiedinį ir, sujungę jas vielomis su bornais nuola inės srovės generatorio, praleisime per visą sistemą s.ovę. Toji srovė, eidama plokštelėmis ir elektrolitu, permainys paviršių tos plokštelės, kuri sujungta su teigiamu mašinos poliu. Nekuriam laikui praslinkus ant paviršiaus tos plokštelės atsiras tamsus sluogsnis junginio PbO_2, o ant paviršiaus plokštelės sujungtos su neigiamu generatorio poliu atsiras burbuliukai vandenilio (H).

Jei atjungti tą įtaisymą (švino plokštelės sieros rūkštyje) nuo generatorio, ir švino plokšteles sujungti tarpusavy viela, tai sudarytoje grandinėje atsiras el. srovė, kuri tu-

rės kryptį priešingą srovės krypčiai, kuri ėjo iš generatorio per plokšteles. Ta atvirkščios krypties srovė vadinasi *poliarizacijinė, bet išlydinančioji srovė.*

Išlydinančioji srovė ekzistuos tol, kol akumuliatorius neperkeis į elektrinę energiją visos tos energijos, kuri buvo jam suteikta generatoriu laike jo įlydinimo. Išlydinus akumuliatorių galima jį vėl įlydyti, o paskiau vėl išlydyti ir t.t. Prie kiekvieno išlydinimo PbO_2, kurį susidaro prie įlydinimo, persikeičia į $PbSO_4$; ant antros plokštelės prie išlydinimo taipogi išsiskiria $PbSO_4$. Prie akumuliatorio įlydinimo ir išlydinimo įvyksta sekančios svarbiosios reakcijos:

Pirmas įlydinimas. Iš priežasties srovės veikimo sieros rūkštis išsiskaido:



$$H_2SO_4 = H_2 + SO_4 = H_2 + (SO_3 + O).$$

Prie to ant teigiamos plokštelės išsiskiria deguonis O, o ant neigiamos vandenilis H. Išsiskirią ant teigiamos plokštelės deguonis su švinu duoda junginį PbO_2, o ant neigiamos plo plokštelės susirenka vand nilis (H).

Visas deguonis laike įlydinimo nespėja susijungti su Pb; todel, įlydinant akumuliatorių, dalis deguonio iškyla oran pavidale burbuliukų, ir prie to tuo daugiau deguonio tokiu būdu iškyla oran, kuo storesnis sluoksnis PbO_2 susidaro. Nuo neigiamos plokštelės taipogi pavidale burbuliukų iškyla oran dalis vandenilio.

Sieros rūkšties išsiskaidymo produktas SO_3 jungiasi su vandeniu ir vėl duoda sieros rūk-

stį.



$$SO_3+H_2O = H_2SO_4.$$

Pirmas išlydinimas. Kuomet akumuliatorių išlydina įvyksta tos pačios reakcijos, būtent:



$$H_2SO_4 = H_2+SO_4 = H_2+(SO_3+O) \text{ ir}$$



$$SO_3+H_2O = H_2SO_4.$$

Prie *išlydinimo ant teigiamos* akumuliatorio plokštelės išsiskiria *vandenilis H*, kursai su esamu ant tos plokštelės PbO_2 ir sieros rūkšties skiediniu duoda $PbSO_4$:



$$PbO_2+H_2+H_2SO_4 = PbSO_4+2H_2O.$$

Į neigiamą akumuliatorio plokštelę veikia SO_4, kursai su švinu duoda junginį $PbSO_4$:



$$SO_4+Pb = PbSO_4.$$

Tokiu būdu ant abiejų plokštelių paviršių atsiranda $PbSO_4$. Abi plokštelės pasidaro vienodos ir akumuliatorius nebeleidžia srovės. Kaip matoma iš paskutinių reakcijų, kad sudarymui $PbSO_4$ suvartojama sieros rūkštis, todel *prie išlydinimo skiedinio sieros rukšties tirštumas mažėja.*

Antras įlydinimas. Laike antro ir sekančių įlydinimų įvyksta reakcijos:

Ant teigiamos plokštelės:



$$PbSO_4+SO_4+2H_2O = PbO_2+2H_2SO_4.$$

Ant neigiamos plokštelės:



$$PbSO_4+H_2 = Pb+H_2SO_4.$$

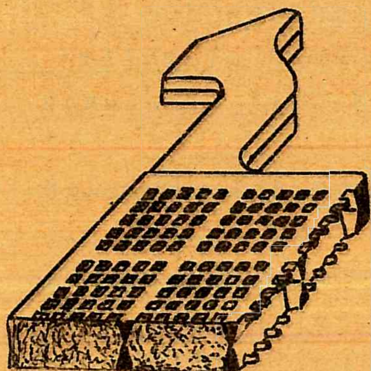
Reiškia, laike antro įlydinimo ant paviršiaus neigiamos plokštelės susidaro plonas sluogsnis gubkos pavidalo švino, o ant paviršiaus teigiamos plokštelės - plonas sluogsnis PbO_2. Tame procese yra aikvojamas vanduo ir gaunama sieros rūkšti *todel prie akumuliatorio įlydinimo elektrolito (H_2SO_4) tirštumas didėja.*

Kadangi laike antro įlydinimo ant akumuliatorio plokštelių paviršių susidaro tiktai plonučiai sluogsniai PbO_2 ir gubkos pavidalo švino, tai prie išlydinimo akumuliatorius negali ilgai veikti. Idant gauti storesnius PbO_2 ir Pb sluogsnius reikalinga akumuliatorių daug kartų įlydyti ir išlydyti.

Tąprocesa vadina akumuliatorio formavimu. Padarytus tokiu būdu akumuliatorius vadina plokšteliniais akumuliatoriais, bei akumuliatoriais sistemos Plantė, t.y. vardu švininio akumuliatorio išradėjo. Francūzas Plantė 1859 m. išrado plokštelinį akumuliatorių. Iki 1881 metų gamino akumuliatorius tiktai sistemos Plantė. Jų formavimas tęsesi ilgą laiką - kelius mėnesius. Kai gauna ant akumuliatorio plokštelių paviršių veikiančios masės sluogsnius 1-no milimetro storumo, tai skaito formavimą užbaigtu. Gavimui tokio plono veikiančios masės sluogsnio reikalinga daug katrų įlydyti ir išlydyti akumuliatorių. Todel toks formavimas brangiai kainuoja. Kad papiginti formavimo kainą Faureas 1881 metais pasiūlė

akumuliatorio plokšteles, nukloti švino druskomis, būtent: - teigiamos plokštelės paviršių nukloti suriku Pb_3O_4, o neigiamos - gliotu PbO.

Kad geriau laikytusi tų druskų masės ant plokštelių paviršių jas daro rėčio pavidalo, kaip, pavyzdžiui, parodyta 166[a]-me braižinyje.



Br. 166[a] Neigiamoji plokštelė.

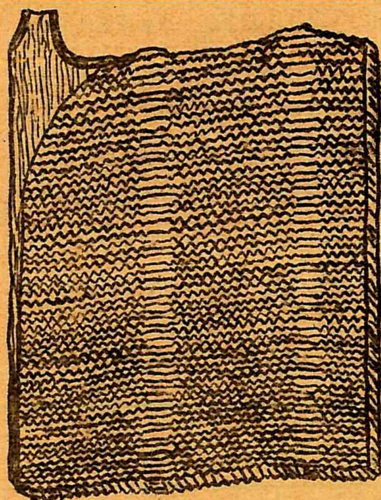
Į padarytas švininėje plokštelėje skyleles įtrina tėslę glioto bei suriko. Tą tėslę padaro pagalba silpno sieros rūkšties skiedinio.

Padarytose tokiu būdu plokštelėse laike pirmutinio formavimo Pb_3O_4 teigiamos plokštelės persikeičia į PbO_2, o neigiamos plokštelės PbO į gryną šviną. Toks formavimo būdas lengvas ir pigus, tačiau plokštelės nestipros. Reikia labai atsargiai apseiti su jomis, kad neiškristų įtrinta masė.

Dabar fabrikai gamina plokšteles sekančiu būdu. Teigiamas plokšteles daro iš gryno švino, su daugeliu ravelių ant jų paviršiaus, arba iš švino gofriruotais lapais, kaip tai nurodyta braižinyje 167-me. Tokios plokštelės turi didelį paviršių, kuriuomi jos susiliečia su sieros rūkštimi akumuliatorio. Formuoja jas Plantė būdu.

Neigiamas plokšteles daro Faureo būdu, bet formavimą atlieka ne fabrikoje, bet po pastatymu akumuliatorio pas pirkėją. Perkeitimui PbO į gryną šviną laike pirmo formavimo reikia

be pertraukos laike 30 valandų akumuliatorių įlydyti.



Br.167 Teigiamoji plokšt.B-vės Societé Ananyme pour le Travail eletrique des metaux.

Neigiamų plokštelių formavimą po pastatymo akumuliatorio vietoje pas pirkėją daro del to, kad įtrinta masė PbO geriau laikosi neformuotose plokštelėse, kaip formuotose.

Pagalba tam tikrų cheminių preparatų fabrikai dabar atlieka greitai ir formavimą plokštelių sistemos Planté.

§ 53. Akumuliatorio konstrukcija ir sujungimas elementų į batarėjas

Kiekvienas akumuliatorius susideda iš viršnurodytu būdu padarytų švininių plokštelių, kurias įstato į pripildytą sieros rūkšties skiediniu indą, taip, kad tos plokštelės neliestų viena kitos.

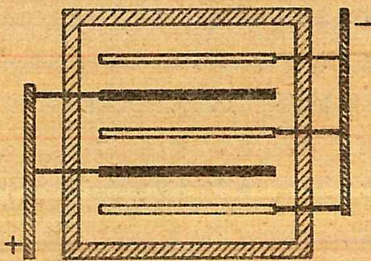
Indai būna stikliniai, gutaperčiniai ir mediniai. Paskutinieji vaizduoja medines keturkampes dėžes, kurios viduje išklotos švinu.

Plokšteles kabina ant indo kraštų, taip, kad tarp indo dugno ir apačios plokštelės pasiliktų protarpis. Jį palieka del to, idant neįvyktų trumpo metalinio sujungimo tarp gretimųjų plokštelių inde, jei iškristų iš

plokštelės veikiančioji masė.

Mediniuose induose plokštelių nekabina ant indo krašto, bet stato ant stiklinių padėklų, kuriuos įtaiso ant indo dugno. Kiekviena teigiama plokštelė statoma greta neigiamos, prie to taip, kad *abi kraštutinės plokštelės būtų neigiamos*, kaip tai nurodyta 168 braižinyje.

Tokiu būdu kiekviename elemente gali būti mažiausiai 3 plokštelės, iš kurių 2 neigiamos ir 1 teigiama.



Br.168 Plokštelių sujungimas.

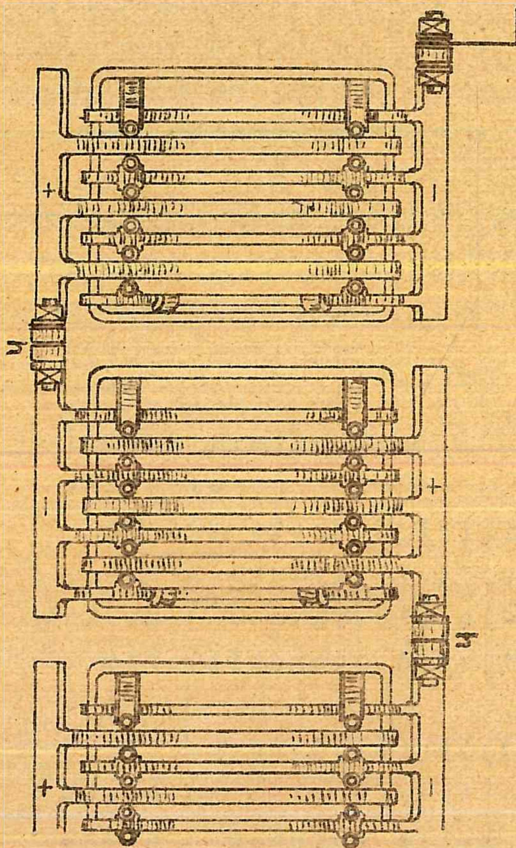
Kad įvairiavardės plokštelės neliestų viena kitos, taip jų įstato stiklinius va vamzdžius. Prie kraštutinių neigiamų plokštelių pritaiso švininius spiruoklius, kurie laiko tas plokšteles tam tikra e atstume nuo indo sienų.

Vienoje indo pusėje visų teigiamų plokštelių galus tarpusavy sujungia švininiais ruožtais, o kitoje indo pusėje taip pat sujungia galus visų neigiamų plokštelių. Atskirus elementus sujungia į batarėjas, kaip tai nurodyta 169 ir 170 braižiniuose. Sujungimui akumuliatorių į batarėjas, atskirus elementus stato viens greta kito ant medinių padėklių; prie to indus atsakančiai izoliruoja kaip tai, pavyzdžiui, nurodyta 170 braižinyje.

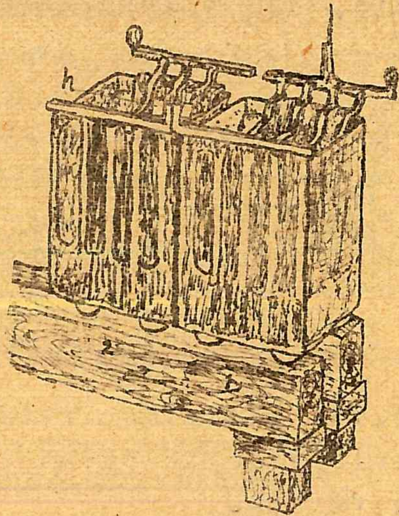
Ruožtai, kurie eina nuo teigiamų ir neigiamų plokštelių akumuliatorių tarpusavy sujungia sraige h, kaip tai parodyta 169 ir 170 braižiniuose.

§ 54. *Išlydinimas ir įlydinimas akumuliatorio ir batarėjos akumuliatorių.*

Įlydyto akumuliatorio e.v. jėga sudaro apie du voltu. Ta e.v. jėga laike išlydinimo sudaro srovę i. Jei r_v yra vidujinis akumuliatorio



Br. 169 Trys nuosekliai sujungti akumuliatoriai (planas).



Br. 170 Du nuosekliai sujungti akumuliatoriai.

pasipriešinimas, tai įtempimas e_k ant jo bornų išsireiškia:

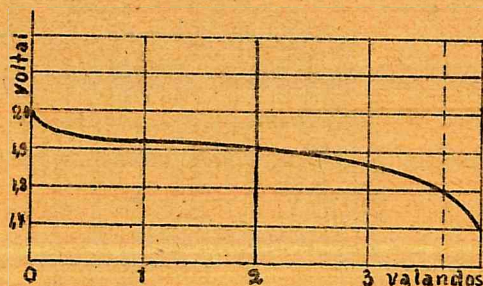
$$e_k = e - ir_v,$$

kur e yra akumuliatorio e.v. jėga.

Toji lygtis rodo, kad laike akumuliatorio išlydinimo įtempimas ant jo bornų mažesnis kaip du voltai ir prie

to tas įtempimas darosi tuo mažesnis, kuo didesnė eina iš akumuliatorio srovė. Br.171 rodo įtempimo kritimą laike akumuliatorio išlydinimo. Ant tos kreivos matome, jog pradžioje įtempimas krinta iš lėto, o paskiau jis mažėja greičiau ir gali pasidaryti lygus nuliui.

Tačiau įtempimo kritimo iki nuliui ne aleidžia, nes akumuliatorius sugestų. Kuomet jo įtempimas sumažėja iki 1,8 - 1,83 voltų reikia akumuliatorių vėl įlydyti.



Br.171 Įtempimo kreiva ant akumuliatorio bornų prie išlydinimo.

Mažėjant įtempimui, mažėja ir skiedinio sieros rukšties lyginamas svoris. Tas tirštumo skiedinio sumažėjimas prie įtempimo kritimo iki 1,8 voltų sudaro apie 2°· 3° Beaume. Taip, jei įlydyto akumuliatorio skiedinis turėjo tirštumą 22° B, tai tirštumas skiedinio išlydyto akumuliatorio iki 1,8 voltų bus 20°B.

Įlydinimas. Kad įlydyti išlydytą iki 1,8 voltų akumuliatorių reikalinga prie jo bornų pridėti tokį įtempimą, kuris pergalėtų akumuliatorio e.v. jėgą ir padengtų įtempimo kritimą ir_v viduje akumuliatorio. Todel pridėtas prie akumuliatorio bornų įtempimas išsireikš:

$$e_k = e + ir_v,$$

kur e akumuliatorio e.v. jėga, o ir_v įtempimo

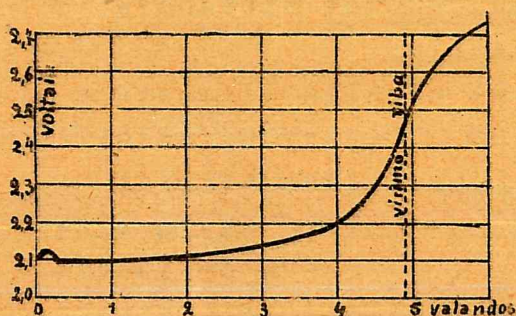
kritimas paćiams akumuliatory prie srovės jėgos dydžio i.

Laike akumuliatorio įlydinimo jo e.v. jėga e auga. Todel laike įlydinimo reikia didinti ir pridėtą įtempimą e_k.

Tas įtempimas e_k laike akumuliatorio įlydinimo mainosi kreiva 172-ro braižinio. Ta kreiva rodo, jog pradžioje įtempimas didėja iš lėto, o paskiau, gale įlydinimo, jis greitai pakyla iki 2,2 voltų, o dar paskiau iki 2,75 voltų.

Prie e_k lygaus 2,5 voltams akumuliatorius pradeda „virti". Tas „virimas" rodo, kad plokštelių masė jau atsakančiai persikeitė; todel išsiskiriantis H_2 ir SO_4 nebesuranda tinkamos susijungimui medžiagos, ir pavidale burbuliukų H ir O išeina iš skiedinio.

Prie įlydinimo ir išlydinimo reikia ziūrėti, kad nebūtų per didelis srovės tirštumas ant 1 dcm^2 ploto teigiamos plokštelės.



Br. 172 Įtempimo kreiva ant akumuliatorio bornų laike įlydinimo.

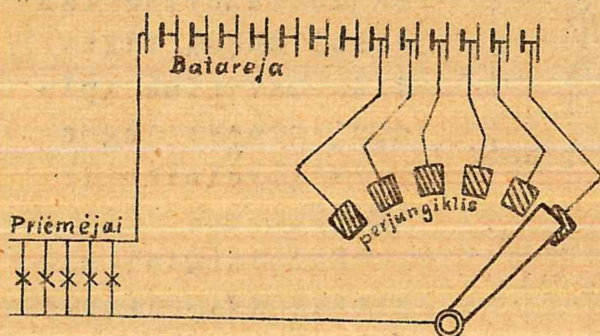
Pristatydami akumuliatorius fabrikai duoda tikslius davinius apie dydį srovės jėgos prie įlydinimo ir išlydinimo.

Dažniausiai maksimalė išlydinančioji srovė lygi maksimalei įlydinančiai srovei. Tirštumas srovės ant 1 dcm^2 ploto teigiamos plokštelės retai daleidžiamas didesnis už 1,3 Amperų.

Kadangi, kaip matome, įtempimas ant akumuliatorio bornų laike jo išlydinimo vis mažėja, o priėmėjams praktikoje reikalingas pastovus įtempimas, tai, leidžiant tokiems priėmėjams iš akumuliatorių srovę, reikalinga turėti tam tikri įtaisymai, pagalba kurių būtų galima laikyti ant priėmėjų bornų visą laiką pastovų įtempimą. To pasiekiama pagalba *elementų perjungiklio.*

Daleiskime, pavyzdžiui, kad priėmėjams reikalingas pastovus įtempimas 110 voltų. Kadangi kiekvienas akumuliatorius pradžioje jo išlydinimo duoda 2 voltu, tai gavimui 110 voltų reikia nuosekliai įjungti 55 elementus. Kiekvieno elemento įtempimas gale jo išlydinimo sudaro tiktai 1,8 voltų. Todel, leidžiant priėmėjams srovę iš 55 nuosekliai sujungtų akumuliatorių, gale jų išlydinimo gausime tiktai 55×1,8 = 99 voltus. Aišku, jog norint visą laiką turėti įtempimą 110 voltų, reikia prijungti daugiau elementų, kuomet dirbančių elementų įtempimas sumažėja.

Tą prijungimą atlieka pagalba elementų perjungiklio; schematiniai toks naujų elementų prijungimas bei išjungimas parodytas 173-me braižinyje.



Br. 173 Schema akumuliatorinės batarėjos su elementų perjungikliu.

Iš to braižinio aišku, kad pervedant rankeną perjungiklio

iš vieno kontakto ant gretimo o, būna toks momentas, kuomet kontaktas rankenos vienkart liečia du kontaktu komutatorio, nes jei tokio momento nebūtų, tai laike pervedimo rankenos komutatorio iš vieno kontakto ant gretimojo ant momento būtų pertraukiamas srovės leidimas į priėmėjus.

Kuomet perjungiklio rankeną liečia du perjungiklio kontaktu, kaip tas matoma 174 braižinyje, akumuliatorius, kurio poliai prijungti prie tų kontaktų, trumpai susijungia. To negalima daleisti, nes nuo trumpų sujungimų akumuliatorius genda.

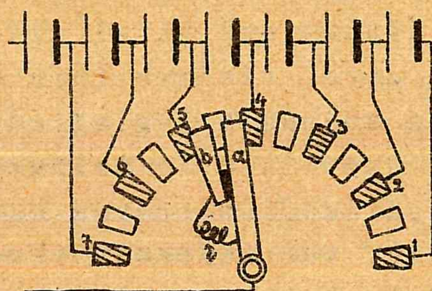
Išvengimui trumpų elementų sujungimų, kontaktą rankenos perjungiklio daro iš dviejų lamelių a ir b br. 175. Kiekviena iš jų siauresnė už protarpį tarp gretimųjų perjungiklio kontaktų.

Todel nei lamelė a, nei b negali elementų trumpai sujungti.

Tarp a ir b įjungtas pasipriešinimas r, kursai taip apskaičiuotas, kad prie trumpo



Br. 174 Trumpai sujungtas elementas.



Br. 175 Elementų perjungiklis.

elemento sujungimo per tą pasipriešinimą, sro-

vės jėga tame elemente nepasiekia pavojingo akumuliatoriui dydžio.

Užštrichuotos lamelės br. 175 paženklintos skaičiais 1, 2, 3, 4, 5, 6 7 vaizduoja perjungiklio lameles, kurios sujungtos su poliais atskirų elementų batarėjos. Neužštrichuotos lamelės statomos del to, kad, sukant rankeną, kontaktai a ir b nenukristų į protarpius tarp užštrichuotų kontaktų.

§ 55. Akumuliatorio talpumas ir naudingo darbo koeficientas.

Akumuliatorio talpumu vadina tą elektros kiekį amper valandomis, kurį gali pilnai įlydytas akumuliatorius duoti, jei jį iki minimalio (1,8 voltų) fabriko nurodyto įtempimo išlydyti. (1 Amper-valanda = 60.60 Amper-sekundom = 3600 Coulombam).

Talpumas priklauso nuo plokštelių ploto ir kiekybės veikiančios masės. Todel, didinant plokštelių paviršių, didinam akumuliatorio talpumą.

Išvengimui labai didelių ir sunkių plokštelių daro, viename inde kelias plokšteles, kurias sujungia lygiagrečiai.

Akumuliatorio talpumas priklauso dar *nuo išlydinančios srovės dydžio.* Kuo didesnė toji srovė, tuo mažesnis akumuliatorio talpumas. Todel, kalbant apie akumuliatorio talpumą, reikalinga nurodyti išlydinančios srovės jėgos dydį, bei išlydinimo akumuliatorio laikotarpį. Akumuliatorio ta pumą priimta skaityti laike 3,5, 7,5 ir 10 valandų jo išlydinimo.

Taip firma Accumulatoren-Fabrik Aktienge-

sellschaft AF) savo akumuliatoriams J12 duoda sekančius davinius:

Išlydinimo laikas valandomis.	Garantuotas talpumas amper valandomis.	Maksimalė srovės jėga amperais prie	
		įlydinimo	išlydinimo
3	324	108	108
5	360	108	72
7,5	398	108	53
10	435	108	43,5

Toje lentelėje įlydinamoji srovė visur vienoda, nes daleidžiama, jog įlydinimas atliekamas vienodame laikotarpyje.

Jei įlydinimą daryti prie mažesnės srovės jėgos, tai akumuliatorio įlydinimui būtų reikalingas ilgesnis laikas.

Visados reikia davesti batarėjos įlydinimą iki galui, t.y. ją reikalinga įlydyti iki to laiko, kol įtempimas ant batarėjos bornų ir skiedinio lyginamas svoris nustoja didėti.

Santykis tarp energijos, kurią akumuliatorius atiduoda laike išlydinimo iki minimalio įtempimo, ir energijos, kuri suteikiama jam laike jo pilno įlydinimo, vadinasi pramonės naudingo darbo koeficientu akumuliatorio, bei pramonės atidavimu:

$$\eta = \frac{A_1}{A} = \frac{e_1 i_1 t_1 \text{ watt valandų}}{e\ i\ t \text{ watt valandų}},$$

kur A_1 yra energija, kurią akumuliatorius atiduoda prie išlydinimo, o A energija, kuri jam suteikiama prie įlydinimo; e_1 ir e yra viduti-

niai įtempimai ant akumuliatorio bornų laike jo išlydinimo ir įlydinimo, o i_1 ir i tokie pat srovės dydžiai.

Geriausiose sąlygose akumuliatorio atidavimas lygus 82 - 84 %. Normalėse gi darbo salygose pramonės atidavimas sudaro vos 80 - 75 %.

Be pramonės atidavimo išskiria dar kiekybinį akumuliatorio atidavimą. Jis yra santykis tarp talpumų prie išlydinimo ir įlydinimo, t.y.

$$\eta = \frac{i_1 t_1 \text{ amper-valandų}}{i.t \text{ amper-valandų}}.$$

Kiekybinis atidavimas visados mažesnis už vienetą. Jis sudaro nuo 90 % iki 95 %. Reiškia, dalis įlydinamo talpumo aikvojama ant pašalinių reakcijų pačiame akumuliatoriuje.

Jei sulyginamai su laiku akumuliatorio įlydinimo jį greitai išlydina, tai jo kiekybinis atidavimas gali būti ir mažesnis už 90%, kaip tas seka iš viršnurodytos lentelės.

Jei įlydytas akumuliatorius ilgai stovi neišlydytas, tai dalinai jis savaime išsilydina. Iš priežasties tarpusavio plokštelių masės ir sieros rūkšties veikimo, laikui bėgant, dalis įlydžio susivartoja pačiame akumuliatoriuje. Jo naudingo darbo koeficientas mažėja. Tačiau, ilgas stovėjimas įlydyto akumuliatoriaus be išlydinimo pačiam akumuliatoriui nekenkia, tuo tarpu, kaip prie ilgo stovėjimo išlydyto akumuliatorio pats akumuliatorius genda. Paskutiniame atsitikime ant jo plokštelių išsiskiria kietas $PbSO_4$ Jį galima pažinti šviesiomis dėmėmis, kurios atsiranda ant plokštelių. Panaikinimui atsiradusių ant plokštelių $PbSO_4$ reika-

linga kelius kartus paeiliui pilnai įlydyti ir išlydyti akumuliatorių.

Edisono geležiniai akumuliatoriai. Be švininių akumuliatorių ekzistuoja dar geležiniai akumuliatoriai.

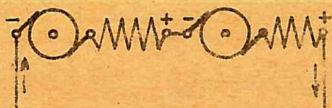
Kaipo elektrolitas paimtas juose kalio šarmas ($KOH+H_2O$), o elektrodams geležies ir nikelio deguonio junginiai. Naudingo darbo koeficientas Edisono akumuliatorio sudaro vos 52 %, o įtempimas prie įlydinimo ir išlydinimo bemaž du kartu mažesnis už įtempimą švininio akumuliatorio. Jis geresnis už švininį akumuliatorių tuo, kad nebijo nei perdidelio išlydinimo, nei permažo įlydinimo, o išsiskiriančios iš jo dujos nekenksmingos.

IV. NUOLATINĖS SROVĖS ELEKTROGAMYKLOS.

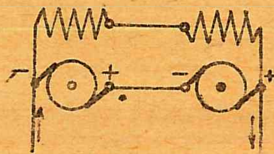
§ 56. Dinamo mašinų sujungimas bendram darbui.

Dinamo mašinos taip pat, kaip ir elementai gali būti sujungtos nuosekliai ir lygiagrečiai.

Nuoseklus dinamo mašinų sujungimas praktikoje retai vartojamas. Nuosekliai sujungtų mašinų įtempimai gali būti įvairūs, bet visos jos turi būti apskaitliuotos del vienodos el. srovės jėgos. Įtempimas nuosekliai sujungtų mašinų lygus sumai įtempimų visų sujungtų mašinų. 176-as braižinys rodo schemą dviejų nuosekliai sujungtų series mašinų.



Br. 176 Schema 2-jų nuosekliai sujungtų series dinamo mašinų.



Br. 177 Schema 2-jų nuosekliai sujungtų šunt mašinų.

Nuosekliam sujungimui šunt mašinų reikalinga atskirai nuosekliai sujungti armatūras ir magnetizmo sužadinimo apsukas. Braižinys 177 vaizduoja dvi nuosekliai sujungtas šunt mašinas. Kaip iš to braižinio matoma, sužadinimo apsukos abiejų mašinų sudaro vieną grandinę.

Todel įtempimo reguliavimui abiem mašinom reikalingas tiktai vienas reostatas.

Lygiagretus mašinų sujungimas.

Dažniausiai praktikoje dinamo mašinos sujungiamos lygiagrečiai.

Bemaž išimtinai praktikoje vartoja tokius elektroenergijos priėmėjus, kuriems reikalingas pastovus ant jų bornų įtempimas. Todel elektro gamyklose stato tokias mašinas, kurios visados duoda vienodą įtempimą, o sujungia jas lygiagrečiai.

Dvi vienodo įtempimo ir galingumo lygiagrečiai sujungtos dinamo mašinos duoda tokį pat įtempimą, kaip ir viena mašina; tiktai srovės jėga, kuri gali būti paimta iš dviejų lygaus galingumo lygiagrečiai sujungtų d. mašinų bus du kartu didesnė.

Iš el. gamyklos nevisados reikalaujamas vienodas el. energijos kiekis. Pavyzdžiui, vakarais el. energijos reikalavimas iš elektro gamyklos didžiausias, nes vakare el. energija reikalinga ne tik šviesai, bet dar ir staklių varymui įvairių dirbtuvių ir fabrikų. Nakties metu, kuomet visi sugula, labai mažai tereikalaujama elektroenergijos iš el. gamyklos. Dienos metu energija reikalaujama tiktai dirbtuvių bei fabrikų staklių varymui.

Tokiu būdu matome, jog elektro gamyklos mašina turi duoti mažiausią energijos kiekį nakties metu, daugiau dienos laike, o daugiausia vakarais. Kitaip sakant, elektro gamyklos galia nakties metu gali būti nedidelė, dieną turi būti didesnė, o vakare didžiausia.

Kad gamykla galėtų visados leisti tiek el. energijos, kiek iš jos ėmėjai reikalauja, ga-

lingumas jos mašinų turi būti ne mažesnis didžiausio užreikalavimo.

Jei, pavyzdžiui, gamykloje pastatysime tokią galingą mašiną, kad ji viena galėtų atleisti ganėtinai energijos vakare, laike didžiausio užreikalavimo, tai nakties metu, kuomet užreikalavimas labai mažas, toji mašina bus labai mažai apkrauta.

Kaip § 45 matėme atidavimas mašinos priklauso nuo jos apkrovimo. Todel naudingo darbo koeficientas mūsų mašinos nakties metu būtų labai mažas. Išvengimui tokių atsitikimų, elektro gamyklose nekuomet nestato vienos mašinos, bet kelias. Jų galingumą taip parenka, kad jos dirbtų prie tokio apkrovimo, prie kurio jų naudingo darbo koeficientas didžiausias. Tą pat tikslą turint omenyje, vietoje mašinos, dažniausia (vietoje antros bei trečios mašinos) stato akumuliatorinę batareją.

Pavyzdžiui, akumuliatorinė batareja gali būti pastatyta tokio talpumo, kad nakties metu elektro gamyklos mašinos galėtų būti sustabdytos, o pasiliktų dirbti tiktai viena akumuliatorinė batareja. Įlydinimą tokios batarėjos atlieka dienos metu, kuomet elektroenergijos reikalavimas iš gamyklos mažesnis, kaip vakarais. Todel elektro gamyklos mašinos dieną, varydamos dirbtuvių stakles ir sykiu įlydydamos akumuliatorinę batarėją dirbtų taip pat prie pilno apkrovimo, kaip ir vakare, t.y. sąlygose, kuomet jų naudingo darbo koeficientas *didžiausias*. Nurodysime dar vieną priežastį, kurios deliai negalima apseiti gamykloje su viena mašina, *tai atsargos atžvilgiu*. Tiktai mažo galingumo elektro gamyklos statomos

su viena mašina ir tai tiktai tuomet, kuomet nėra būtino reikalo leisti energiją be pertraukos.

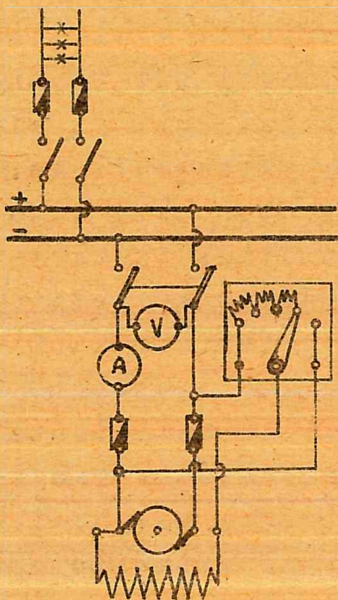
Nurodę bendrais bruožais svarbiausias priežastis, kurių deliai elektro gamykloje negalima apseiti su viena mašina, bet būtinai reikia turėti kelias mašinas, kurias galima sujungti lygiagrečiai bendram darbui, pereiname prie išaiškinimo klausimo kokiu būdu daromas tas mašinų lygiagretus sujungimas?

Kiekvienos el. gamyklos įtaisymai susideda iš sekančių dalių: A) Vieno bei kelių varyklių, kurie suka tam tikras dinamo mašinas. Tie varykliai būna arba gariniai, arba vidujinio degimo, arba vandens turbinos. B) Vienos bei kelių dinamo mašinų, kurios gali būti sukamos viršnurodytais varykliais ir C) Skirstomosios lentos su tam tikrais aparatais.

Ant skirstomosios lentos surinkti visi įtaisymai, pagalba kurių galima įjungti bei išjungti kiekvieną dinamo mašiną, reguliuoti jų eigą ir bendrai valdyti visas gamyklos mašinas.

Svarbiausią skirstomosios lentos dalį sudaro, taip vadinamos, surenkamos šinos (soberatelnyje šyny). Jos sudarytos iš storų varinių ruožtų, kurie pritaisyti prie geležinio karkaso užpakalyje pačios lentos ir izoliuoti nuo to karkaso. Ant karkaso laikosi ir pati lenta, kuri dažniausiai būna marmorinė. Mažose gamyklose pačioms lentoms vartoja šiferį bei medį. Ant skirstamos lentos stato visus matavimo aparatus, išjungiklius ir apsaugotojus mašinoms ir išeinančioms tinklan magistralėms, taipogi ir reostatus mašinų įtempimo reguliavimui ir t.t.

Nuo mašinos bornų iki skirstamos lentos surenkamų šinų tam tikruose kanaluose po mašinos salės grindimis pratiesia izoliuotus kabelius ir sujungia juos su surenkamomis šinomis, bet taip, kad srovė į šinas patektų tiktai tuomet, kuomet pereis per ampermetrą (dažnai ir skaitiklį) dvipolinį išjungiklį ir apsaugotojus. Be to vienas kiekvienos mašinos polius atskira laiba izoliuota viela sujungiamas per reguliuojamą reostatą su induktorių magnetizmo sužadinimo apsuka. Tokiu būdu mašinos su skirstamąja lenta sujungimai atliekami dviem storais izoliuotais kabeliais ir vienu plonu. Reguliuojamą reostatą pritaiso prie geležinio skirstamos lentos karkaso užpakalyje pačios le lentos. 178 braižinys vaizduoja elektro gamyklos schemą su viena šunt dinamo mašina, o 179 braižinys tokia pat schema su dviem šunt dinamo mašinom.

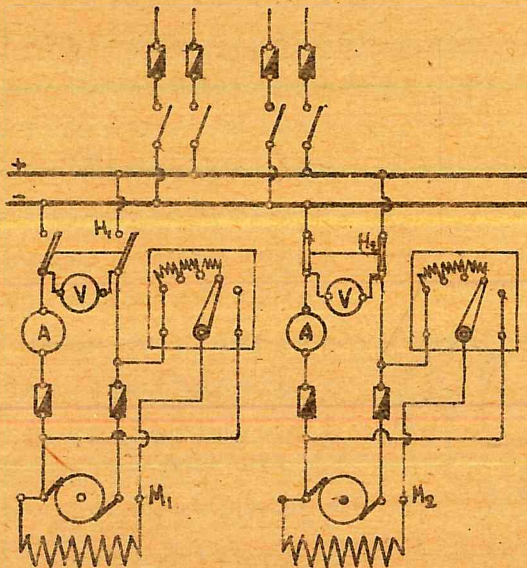


Br.178 Schema elektro gamyklos su viena dinamo mašina.

Paskutinis braižinys rodo stovį, kada mašina M_2 įjungta į šinas, o M_1 išjungta. Jei įjungsime išjungiklį H_1, tai bus abi mašinos įjungtos lygiagrečiai. Jei dirba viena M_2 mašina ir iš priežasties padidėjimo apkrovimo reikalinga prijungti antrą mašiną, tai daro sekančiai:

Palikdami išjungiklį H_1 išjungtą, pradeda sukti mašiną M_1. Kada ji turės normalų apsisukimų skaičių,

reostato rankeną perveda ant dirbančių kontaktų, t.y. tą rankeną pastato tokion padėtin, kad sužadinimo magnetizmo apsukoje srovė eitų ne tik apsukos viela, bet ir reostato viela. Prie to reostato rankeną perveda nuo vieno kontakto ant kito, kol mašinos M_1 voltmetras neparodys tokio pat įtempimo, kokį rodo voltmetras mašinos M_2. Kuomet gauna vienodą abiejų mašinų įtempimą, tai įjungia išjungiklį H_1. Tokiu būdu lygiagretis įjungimas mašinos M_1 atliktas. (Bendrai imant, įtempimą i įjungiamos mašinos prieš įjungimą pakelia 1 - 2% aukščiau įtempimo dirbančių mašinų). Įjungta mašina M_1 kol kas eis be apkrovimo. Tinkamai pakėlus įtempimą mašinos M_1, arba kitaip sakant, atatinkamai perstatant reostatų rankenas vienos ir kitos mašinos, galima apkrovimą paskirstyti tarp mašinų atatinkamai jų galingumui.



Br. 179 Schema elektros gamyklos su dviem dinamo mašinom.

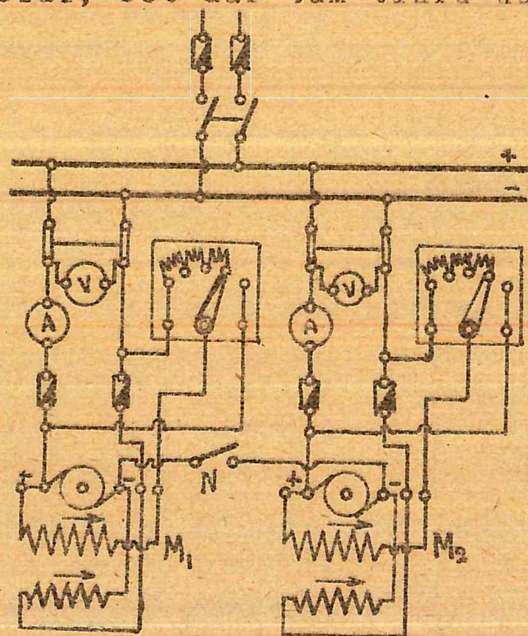
Išjungiant mašiną pirmiausia reikia nuimti nuo jos apkrovimą. Tas atsiekiama sukant reostato rankeną pusėn sumažinimo srovės magnetizmo sužadinimo apsukoje. Kitoje gi mašinoje pagalba jos šunt reostato palaikomas normalus įtempimas. Kada išjungiamos mašinos apkrovimas

prisiartins prie nulio, ji išjungiama savo išjungikliu H.

Apsuka magnetizmo sužadinimo tos mašinos išjungiama pastatymu reostato rankenos ant atatinkamo kontakto.

Braižinys 180-as vaizduoja lygiagrečio sujungimo schemą dviejų Compound mašinų.

Lygiagretis compound mašinų sujungimas skiriasi nuo tokio pat šunt mašinų sujungimo tuo, kad ne tik mašinų polius pagalba kabelių ir skirstamosios lentos šinų sujungia lygiagrečiai, bet dar tam tikru kabeliu tarpusavy sujungia tuos abiejų mašinų šepečius, nuo kurių atsišakoja series apsuka. Tasai kabelis (bei laida) vadinasi išlydinančioji laida (Urovnitelnyj provod). Išlyginančios laidos tikslas sulaikyti mašinos išmagnetinimą, jos įtempimui sumažėjus.



Br.180 Dviejų compound mašinų lygiagrečio sujungimo schema.

Tikrai, daleiskime, kad mašinos M_1 ir M_2 br. 190 dirba lygiagrečiai įjungtos į šinas ir išlyginančios laidos išjungiklis N išjungtas. Daleiskime dar, kad bet kokios priežasties deliai įtempimas mašinos M_2 sumažėjo sulyginamai su įtempimu mašinos M_1. Kadangi įtempimas mašinos M_1 didesnis

už įtempimą mašinos M_2, tai iš teigiamo mašinos M_1 polio srovė eis į teigiamą šiną, o iš šinos į teigiamą mašinos M_2 polių, armatūrą mašinos M_2, neigiamą mašinos M_2 šepetį, induktorių series apsuką ir grįž į mašiną M_1 per neigiamą skirstamos lentos šiną ir laidas jungiančias neigiamus mašinų polius su šina. Kryptis tos srovės series apsukoje mašinos M_2 priešinga krypčiai tos srovės, kuri sudaro mašinoje M_2 įtempimą.

Todel magnetizmo sužadinimas mašinos M_2 dar labiau sumažės ir galu gale mašina M_2 išsimagnetins. Kad to neatsitiktų reikalinga priruošti srovei kelią nuo mašinos M_2 neigiamo polio į neigiamą mašinos M_1 polių per išlyginančią laidą.

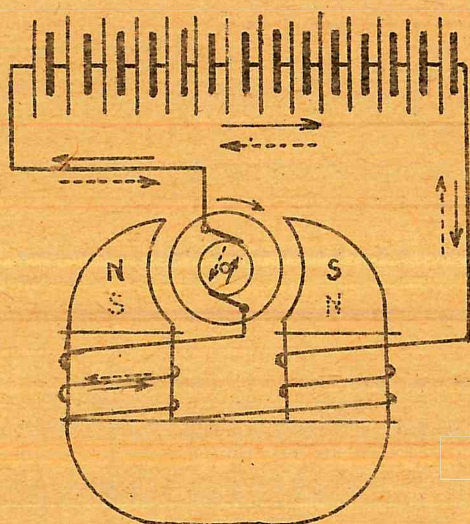
§ 57. Elektrogamyklų su akumulatorinėmis batarėjomis schemos.

Elektrogamyklose, kurios projektuojamos su akumulatorinėmis batarėjomis, bemaž išimtinai statosi šunt - dinamomašinos. Taip daroma del to, kad nei series, nei compound mašina netinka akumuliatorių įlydinimui. Paaiskinsime tą pa pavyzdžiu su series mašina.

Daleiskime, kad mes pagalba series mašinos įlydiname akumulatorinę batareją, ir kad series mašiną, įlydinant batarėją, leidžia srovę kryptimi, kaip tas nurodyta 181-me braižinyje.

Jei bet kokios priežasties deliai variklio apsisukimų skaičius ant tiek sumažėtų, kad mašinos įtempimas pasidarytų žemesnis už batarėjos įtempimą, tai srovė permainytų savo kryptį

ir eitų iš batarėjos į mašiną, kaip tas parodyta taškuotomis strėlėmis 181-me braižinyje. Iš tos priežasties mašinos induktoriai persimagnetintų. Vietoje įlydinimo batarėja greitai išsilydytų, nes permagnetintos mašinos e.v. jėgos kryptis sutampa su akumuliatorinės batarėjos e.v. jėgos kryptimi. Vėl permagnetinti mašiną galima tiktai ją sustabdžius ir atatinkamai perjungus sužadinimo apsuką.



Br.181 Series mašina įlydina akumuliatorinę batarėją.

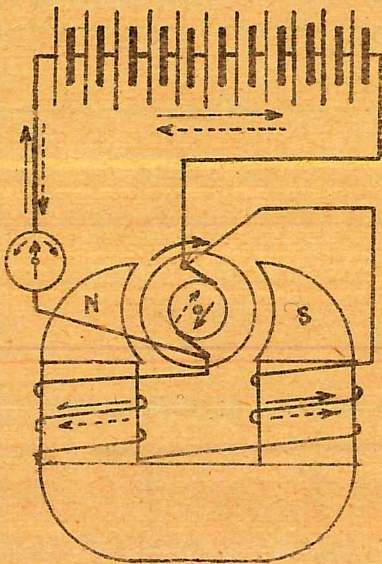
Nieko panašaus neatsitiks, jei, batarėjos įlydinimui, vietoje series mašinos, mes paimsime šunt mašiną. Daleiskime, kad mes pagalba šunt mašinos įlydiname akumulatirinę batarėją, kaip tas nurodyta 182 braižinyje. Sumažėjus mašinos įtempimui, srovės kryptis sužadinimo apsukoje nepersimaino. Mainosi tiktai srovės kryptis armatūroje. Todel abiejuose atsitikimuose mašinos e.v. jėga turi kryptį priešingą akumuliatorinės batarėjos e.v. jėgos krypčiai.

Kaip tiktai bus užtėmyta srovės krypties pe permaina, lengvai gali būti pakeltas mašinos įtempimas iki tokių ribų, kad batarėja būtų įlydinama, o ne išlydinama.

Mašinos compound taipogi netinka akumuliatorių įlydinimui, nes, sumažejus mašinos įtempi-

mui, nuosekli sužadinimo magnetizmo apsuka, vietoje įmagnetinimo, išmagnetins mašiną. Elektrogamyklose, kurios turi compound mašinos, akumuliatorines batarėjas prijungia tiesiog prie mašinos šepečių.

Srovės krypties suradimui grandinėje tarp mašinos ir akumuliatorinės batarėjos statomi tam tikri aparatai, taip vadinami, srovės krypties rodykliai. Jų veikimas remiasi srovės jėgos ir magneto rodyklio tarpusavio veikimo principu. Dažniausiai, tačiau, statomi ampermetrai, kurių rodyklis rodo į abi puses nuo nulio. Be srovės krypties rodyklio akumuliatorinės batarejos grandinėje stato dar sekančius aparatus: ampermetrą, elementų perjungiklį ir maksimalį ir minimalį automatinius išjungiklius.



Br. 182 Šunt mašina įlydina akumuliatorinę batarėją.

Paprasčiausia elektrogamyklos sujungimo schema yra schema elektrogamyklos su viena dinamo mašina ir su viena akumuliatorine batarėja. Tokia schema nurodyta 183-me braižinyje.

Išskirsime sekančias keturias padėtis, kurias duoda ta sujungimo schema:

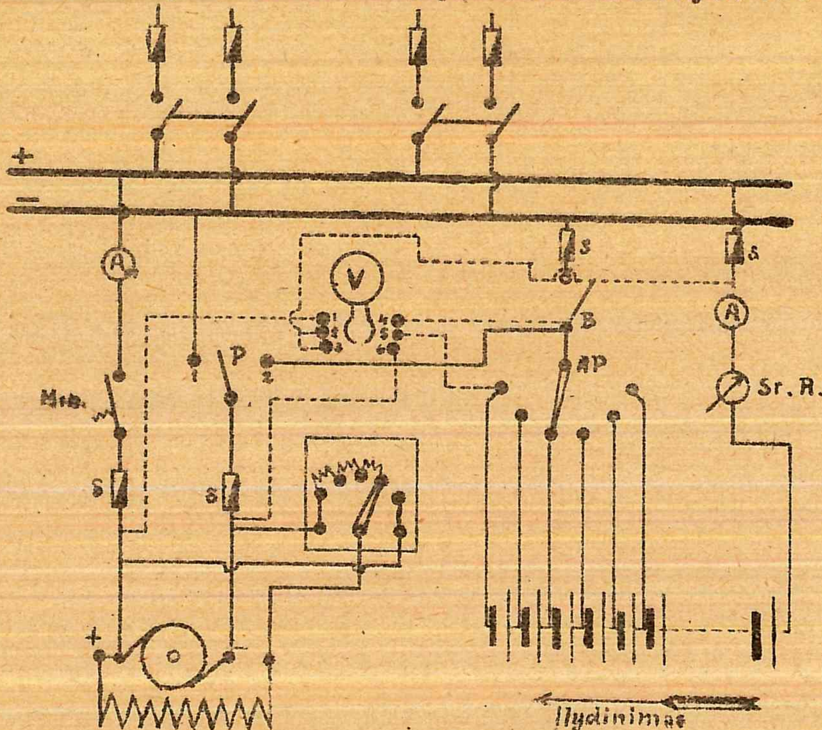
1) Padėtyje perjungiklio P ant kontakto 1 prie išjungto išjungiklio B, dinamo mašina per surenkamas šinas leidžia srovę tinklan.
2) Padėtyje perjungiklio P ant kontakto 2 prie

išjungto išjungiklio B, dinamo mašina įlydina akumuliatorinę batarėją.

3) Prie išjungto perjungiklio P ir įjungto išjungiklio B akumuliatorinė batarėja leidžia srovę tinklan.

4) Padėtyje perjungiklio P ant kontakto 2 ir prie įjungto išjungiklio B, dinamo mašina įlydina akumuliatorinę batarėją ir sykiu leidžia srovę tinklan. Reiškia, mašina ir akumuliatorinė batarėja įjungtos lygiagrečiai ir gali leisti srovę tinklan mašina bei batarėja, priklausant nuo to, kuri iš jų turės aukštesnį įtempimą.

Kuomet mašina ir batarėja dirba ant tinklo lygiagrečiai sujungtos, reikalinga budėti, kad nepersimainynų srovės kryptis mašinoje. Jei ko-



Br. 183 Schema elektrogamyklos su viena dinamo mašina ir akumuliatorine batarėja.

kios nors priežasties deliai, įtempimas mašinos pasidarytų mažesnis už batarėjos įtempimą, tai minimalis išjungiklis išjungtų mašiną. Jei tas atsitiktų, tai reikalinga pakelti mašinos įtempimą padidinus jos apsisukimų skaičių arba sužadinimą, arba abu sykiu. Srovės jėgą mašinoje ir batarejoje matuoja tam tikrais ampermetrais A ir A, o įtempimą galima matuoti vienu voltmetru V, kurį galima įjungti tai tarp mašinos bornų (kontaktai 1-6), tai tarp batarėjos bornų (kontaktai 5-2 visa batarėja, o kontaktai 3-4 dirbantieji batarėjos elementai). Dinamo ir batarėja su surenkamomis šinomis sujungti per apsaugotojus S. Minimalį išjungiklį ant mašinos stato tiktai tuomet, kuomet normalė išlydinančioji batarėjos srovė nemažesnė už $^1/_3$ normalės dinamo mašinos srovės; atvirkščiai t.y. jei batarėja maža, minimalio išjungiklio nestato, bet stato tarp batarėjos ir vienos iš šinų maksimalį išjungiklį, idant apsaugoti batarėją nuo perdaug didelės išlydinančios srovės į tinklą.

Skaičių batarėjos elementų apskaičiuoja vadovaujantis įtempimu akumulatorio gale jo išsilydinimo.

Jei batarėjos elementų skaičių pažerklinsime raide n, įtempimą, kurį reikalinga laikyti ant skirstamosios lentos - e_k, tai batarėjos elementų skaičių surasime iš formulos:

$$e_k = 1{,}8n. \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (101)$$

Prie batarėjos išlydinimo visus n elementus reikalinga įjungti tiktai gale batarėjos išlydinimo, pradžioje gi batarėjos išlydinimo pa-

stovų įtempimą e_k galima palaikyti mažesniu skaičiu įjungtų elementų, nes išlydinimo pradžioje kiekvienas elementas duoda įtempimą 2,1 volto.

Jei batarėjos išlydinimo pradžioje z yra neįjungtu elementų skaičius, tai skaičių z galima surasti iš formulos:

$$e_k = 2,1(n-z) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (102)$$

Iš 101 ir 102 lygčių turime:

$$1,8n = 2,1(n-z)$$

iš kur

$$z = 0,15n \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (103)$$

Ta lygtis rodo, jog palaikymui pastovaus įtempimo ant skirstamos lentos laike akumuliatorių išsilydinimo reikalinga 15% batarėjos elementų sujungti su perjungikliu elementams.

Žemiau mes pamatysime, kad, vartojant dvejopą perjungiklį elementams, galima vienkart ir batarėją akumuliatorių įlydyti ir leisti srovę tinklan, nemainant įtempimo ant priėmėjų bornų.

Schema 183 braižinio to padaryti neduoda, nes, jei mes, vartodami tą schemą, norėtume pilnai įlydyti batarėją, tai turėtume pakelti įtempimą ant skirstamosios lentos viršnustatytos priėmėjams normos ir štai del ko. Akumuliatorio įtempimas gale jo įlydinimo pakyla iki 2,7 voltų. Reiškia, prie n nuosekliai sujungtų elementų reikalinga būtų pakelti mašinos įtem-

pimą iki (2,7n) voltų.

Kaip matoma iš 183 braižinio, tą įtempimą mes turėtume ir tarp skirstamosios lentos šinų; reiškia ir ant bornų el. energijos priėmėjų. To daleisti negalima, nes energijos priėmėjai sugestų (lempos perdėgtų ir t.t.).

Kadangi, kaip aukščiau buvo nurodyta, įtempimas ant skirstamos lentos visuomet turi būti lygus (1,8.n) voltų, tai įlydinant batarėja, kuomet kiekvieno elemento įtempimas pakyla iki 2,7 voltų, reikalinga dalį elementų išjungti. Tą dalį elementų surasime iš lygčių:

$$e_k = 1{,}8n \text{ voltų}$$

$$e_k = 2{,}7(n-z_1) \text{ voltų}$$

Iš tų lygčių gauname:

$$1{,}8n = 2{,}7(n-z_1)$$

iš kur

$$z_1 = 0{,}33n. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (104)$$

Reiškia, 33% bendro batarejos elementų skaičiaus turi būti sujungti su perjungikliu elementams, ir įlydinimui batarėjos mašina turi duoti įtempimą ant 50% didesnį už normalų elektrogamyklos įtempimą. Paaiškinsime tą pavyzdžiu. Daleiskime, kad normalus tarp gamyklos skirstamosios lentos šinų įtempimas yra 110 voltų. Tokios elektrogamyklos ak. batarėja bus sudaryta iš

$$n = \frac{e_k}{1,8} = \frac{110}{1,8} = 61 \text{ elementų.}$$

Įlydinimui batarėjos sudarytos iš 61 nuosekliai sujungto elemento, gale įlydinimo, mašina turi duoti įtempimą:

$$e = 2,7.n = 2,7.61 = 165 \text{ voltus, t.y.}$$

ant 50% didesnį už normalų įtempimą gamyklos (110 v).

Jei statant elektro gamyklą, nebuvo manyta statyti akumuľatorinė batarėja ir mašina tapo paimta tokio įtempimo, kursai reikalingas priėmėjams, tai sumanius paskiau pastatyti akum. batarėją, paskutiniosios nebus galima įlydyti, sujungus ją su mašina schema 183 braižinio. Tokiuose atsitikimuose batarėją dalina į dvi dalí ir kiekvieną batarėjos dalį akumulatorių įlydinimui sujungia su mašina schema braižinio 183-čio. Tačiau dažniausiai vietoje dalinimo batarėjos pusiau stato voltus pakeliančią mašiną. Ją apskaičiuoja ant maksimalės įlydinančios srovės ir dapildančio įtempimo reikalingo batarėjos įlydinimui. Tokiu būdu galingumas voltus pakeliančios mašinos bus nedidelis.

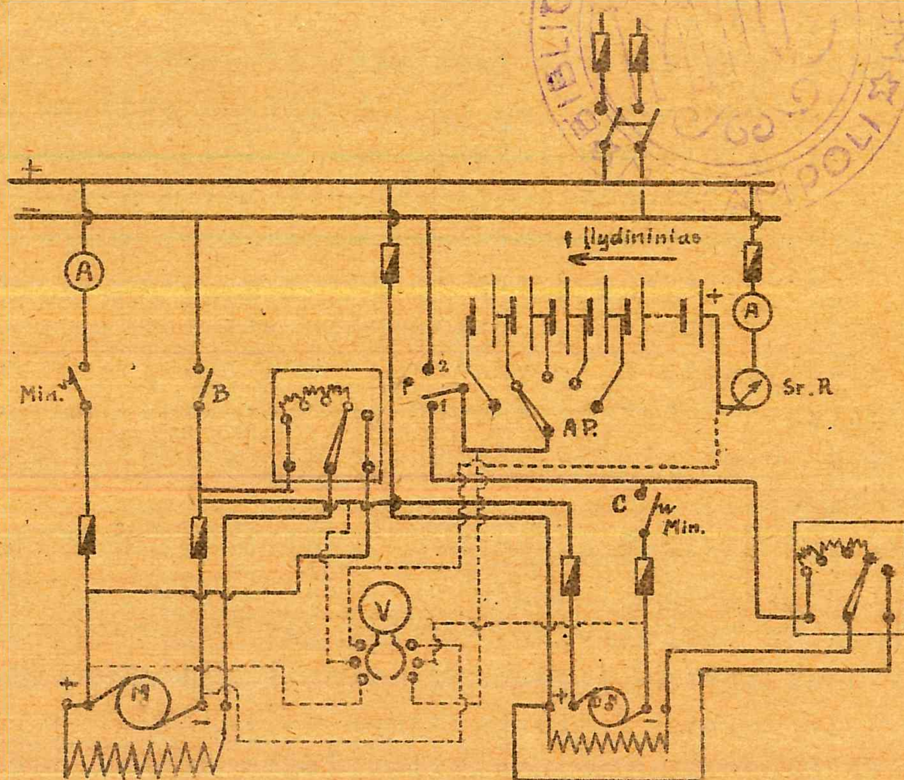
Ji turės dirbti tiktai laike akumulatorių įlydinimo. Sujungimo schema elektro gamyklos turinčios voltus pakeliančią mašiną nurodytą 184 braižinyje.

Voltus pakeliančią mašiną įjungia nuosekliai su svarbjąja gamyklos mašina. Tokiu būdu abiejų mašinų įtempimai sumuojasi.

Suka voltus pakeliančia mašiną arba pagalba

tam tikro elektro varyklio, arba mufta sujungia ją su svarbiąja gamyklos mašina. Sužadinimui magnetižmo voltus pakeliančioje mašincje ima srovę iš svarbiosios mašinos.

Paaiškinsime 184-to braižinio sujungimus: Svarbioji mašina M pagalba muftos sukabinta su voltus pakeliančia mašina DM. Jei dirba viena



Br. 184 Schema elektrogamyklos, kuri turi voltus pakeliančią mašiną.

mašina M, tai perjungiklis P išjungtas ir įjungiklis B įjungtas. Tame laike nors mašina DM ir sukasi, bet sužadinimo magnetizmo grandinė mašinos DM išjungta; todel mašinos DM sukimui bemaž visai neaikvojama energija.

Jei svarbioji mašina dirba ant tinklo ir sy-

kiu įlydina akumuliatorius, tai išjungiklis B turi būti įjungtas ir perjungiklis P pastatytas ant kontakto 1. Akumulatorius įlydinančioji srovė iš teigiamos šinos per batarėją, kontaktą 1 perjungiklio P, minimalį išjungiklį C ir inkarą mašinos DM grįžta į neigiamą mašinos M polių.

Srovė gi, kuri mašinoje DM sužadina magnetizmą, eina iš teigiamos šinos per mašinos DM induktorių apsuką, reostatą, minimalį išjungiklį C, inkarą mašinos DM į neigiamą mašinos M polių. Minimalis išjungiklis C taip atreguliuotas, kad jis išsijungia kuomet įlydinančioji akumulatoriaus srovė lygi nuliui.

Jei batarėja dirba ant tinklo, tai perjungiklis P turi būti pastatytas ant kontakto 2. Prie įjungto B ir padėtyje perjungiklio P ant kontakto batarėja dirba lygiagrečiai su mašina M o prie B išjungto ant tinklo dirba viena batarėja.

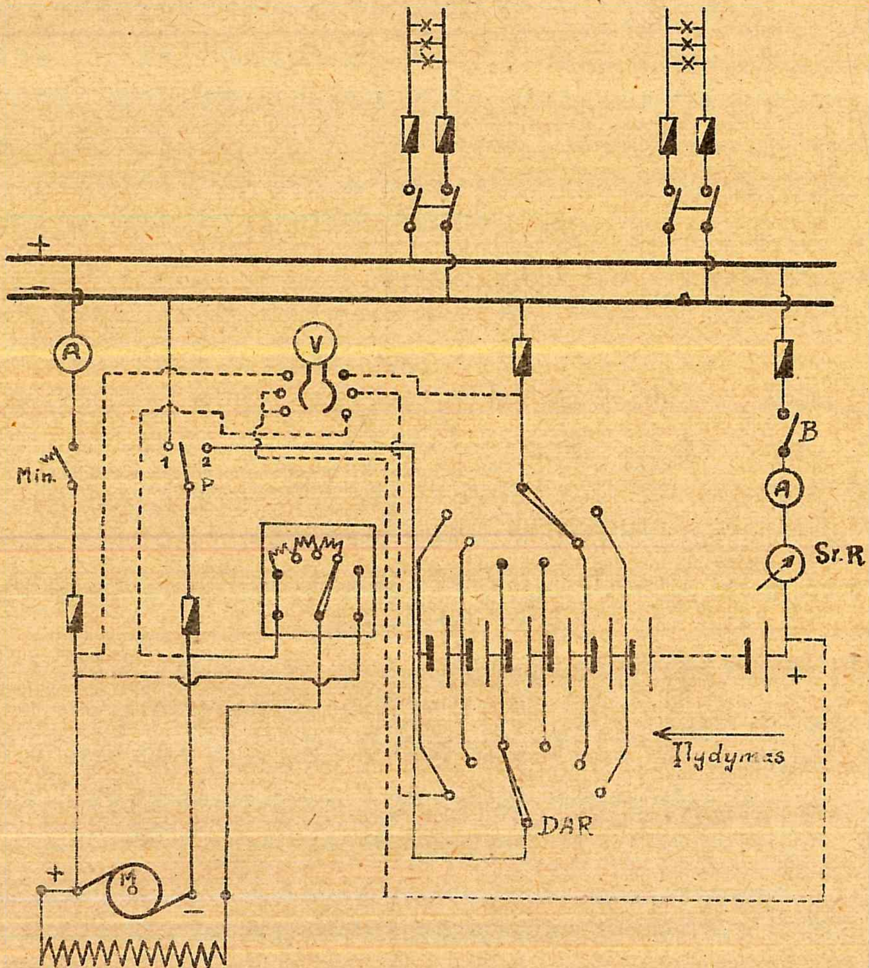
Jei mašinos įtempimas ganėtinas akumulatorius įlydyti, tai galima sudaryti tokią schemą, pagalba kurios viena mašina gali vienkart ir akumulatorius įlydyti ir dirbti ant tinklo.

Sudadimui tokios schemos reikalingas dvejopas elementų perjungiklis. Tokia schema parodyta 185-me braižinyje. Išskirsime toje schemoje penkias padėtis:

1) Padėtyje perjungiklio P ant kontakto 1 prie išjungto viršutinio akumulatorių perjungiklio dinamo mašina D leidžia srovę tinklan.
2) Taip pat prie išjungto viršutinio akumulatorių perjungiklio ir įjungto B, padėtyje perjungiklio P ant kontakto 2 dinamo mašina įlydina akumuliatorinę batarėją.

3) Prie įjungto viršutinio perjungiklio DAP ir įjungiklio B, o išjungto perjungiklio P dinamo grandinėje, batarėja leidžia srovę tinklan.

4) Padėtyje perjungiklio P ant kontakto 2 ir prie įjungtų abiejų akumuliatorių perjungik-



Br. 185 Schema elektrogamyklos su dvejopu elementų perjungikliu.

lių ir įjungiklio B, prie to padėtyje rankenų tų perjungiklių nurodytų 185-me braižinyje, dinamo mašina įlydina akumuliatorinę ba-

tarėją ir vienkart leidžia srovę tinklan.

Per elementus, kurie guli tarp rankenų viršutinio ir apatinio akumuliatorių perjungiklio eina srovė ne tiktai ta kuri reikalinga akumuliatorių įlydinimui, bet ir toji srovė, kuri eina tinklan. Todel reikalinga budėti, kad išeinanti iš dinamo mašinos srovė nepakiltų virš daleidžiamos maksimalės įlydinančios akumuliatorius srovės, nes, stovinčius tarp rankenų akumuliatorių perjungiklių elementus, įlydina visa išeinanti iš dinamo mašinos srovė.

Aišku, jog toji schema duoda galią įlydinti akumuliatorius tiktai prie nedidelio gamyklos apkrovimo, t.y. prie apkrovimo nedidesnio maksimalės daleidžiamos įlydinimui akumuliatorių srovės.

Per elementus gulinčius tarp rankenų abiejų akumuliatorių perjungiklių daleidžiama, kaipo maksimumas tokia srovė, kuri perviršija maksimalę įlydinančią batarėją srovę dvidešimčia nuošimčių.

5) Padėtyje perjungiklio P ant kontakto 2 ir padėtyje rankenų abiejų akumuliatorių perjungiklių ant kontaktų to pat elemento akumuliatorinė batarėja lygiagrečiai (kaipo buferinė) su dinamo dirba ant tinklo.

Kadangi 185-to braižinio schema nedaleidžia prie bet kokio gamyklos apkrovimo įlydinti batarėją, tai praktikoje dažniausiai vartoja schemas su vienu akumuliatorių perjungikliu ir su voltus pakeliančia mašina.

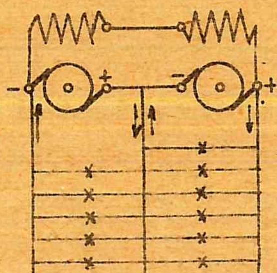
§ 58. Įtempimo dalinimas.

Tam tikruose atsitikimuose, kuriuos mes pas-

kiau nurodysime, vietoje dviejų vielų vartoja tris, t.y. srovė, išėjimui iš generatorio ir sugrįžimui atgal į generatorių, turi 3 vielas.

Kad tas galima būtų įvykdyti, eikalinga generatorio įtempimą padalyti į dvi dalis. Paprasčiausiai galima tą padaryti dviem nuosekliai sujungtais generatoriais, kaip tai nurodyta 186-me braižinyje.

Toks įtempimo dalinimas retai vartojamas, nes vietoje vieno generatorio reikalinga turėti du pusiau mažesnius generatorius. Jų naudingo darbo koeficientas, kaip tas buvo $ 45 nurodyta, mažesnis; be to jų įrengimas brangesnis, kaip įrengimas vieno generatorio.



Br.186 Du nuosekliai sujungti generatoriai.

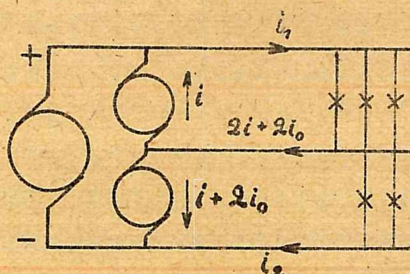
Įtempimo padalinimą galima dar atlikti pagalba dviejų nedidelių nuosekliai sujungtų dinamomašinų sukabintų ant vieno veleno.

Įtempimas kiekvienos iš tų mašinų du kartu mažesnis už generatorio įtempimą, kurį reikia padalyti. Įtempimo padalinimas ištinka sekančiai:

Jei tarp vidurinės laidos ir kiekvienos iš kraštutinių įjungtas vienodas apkrovimas, tai tos mašinos srovės tinklan neleidžia; reiškia jų sukimui reikalinga aikvoti nedidelį energijos kiekį, nes jos eina be apkrovimo ir jų galingumas mažas sulyginamai su galingumu svarbiosios gamyklos mašinos.

Jei apkrovimas abiejų tinklo pečių nelygus, tai mašina, kuri įjungta į labiau apkrautą petį, dirba kaip generatorius, ir leidžia srovę

(i) tinklan, kaip tai nurodyta 187-me braižinyje. Antroji mašina dirba, kaipo el. varyklis; ji suka pirmąją mašiną. Jei i_0 yra srovė, kuri reikalinga sukimui be apkrovimo kiekvienos mašinos, tai mašina, kuri dirba kaip varyklis, ima srovę lygią $i+2i_0$. Skirtumas abiejose mašinose cirkuliuojančių srovių lygus srovei vidurinėje laidoje ir išsireikš:



Br.187 Įtempimo dalinimas pagalba dviejų ant vieno veleno sukabintų nedidelių generatorių.

$$i+2i_0-(-i) = 2i+2i_0.$$

Mašinos įtempimą galima dar padaryti pagalba reaktivinės špulios. Tą įtrmpimo dalinimo būdą išrado Dolivo Dobrovolskis. Kad tuo būdu padalyti mašinos įtempimą, mašina privalo turėti, be normalaus kolektorio, dar du žiedu pritaisytus ant mašinos veleno ir izoliuotus nuo jo. Tuos žiedus sujungia su armatyros apsuka, taip kad sujungimo taškai būtų viens nuo kito atstume vienos polio dalies, kaip tai nurodyta 188-me braižinyje.

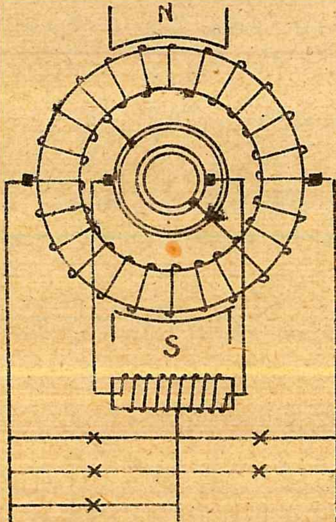
Žiedus liečia šepečiai; juos sujungia su galais reaktivinės špulios, prie kurios vidurio prijungta nulinė laida. Kraštutines laidas prijungia normaliai prie mašinos bornų.

Braižinyje 188-me, kad nepadaryti piešinio painiu, (komplikuotu) kolektorius neparodytas.

Reaktivinę špulią ima tokią, kuri turi didelį savoindukcijos koeficientą. Todel jos vijais eina labai maža kintamoji srovė. Nuolatinė gi srovė lengvai grįžta mašinon vijais reak-

tivinės spulios, jei apkrovimai tinklo pečių nelygūs. Įtempimo dalytojus apskaičiuoja ant 5 - 10% mašinos galingumo.

Dettmaras siūlo daryti įtempimo dalinimą pagalba pridedamųjų šepečių, kuriuos reikia pastatyti viduje tarp teigiamo ir neigiamo mašinos šepečio.



Br.188 Įtempimo dalinimas pagalba reaktivinės špulios.

Kadangi skirtumas potencialų, einant armatūros vijais, nuo neigiamo iki teigiamo šepečio, simetriniai vis auga, tai suprantama, jog, pastačius vidury tarp dviejų šepečių trečią, gausime ant jo įtempimą lygų pusei mašinos įtempimo.

§ 59. Elektrogamyklų sujungimo schemos trilaidinėje sistemoje ir akumuliatorinės batarėjos apskaičiuotė.

jungimo schemos trilaidinėje sistemoje daromos tokiais pat dėsniais, kaip ir dvilaidinėje. Skirtumas tiktai toks, kad ant nulinės laidos nestato nė kokių aparatų. Nulinį tašką mašinos be jokių apsaugotojų ir išjungiklių sujungia su nuline šina. Taip pat tiesiog be jokių apsaugotojų ir išjungiklių prijungia prie nulinės šinos ir nulinę laidą magistralių. Išjungiklius apsaugotojus ir kitus aparatus stato ant kiekvienos kraštutinės laidos. Tri-

laidinės sistemos elektrogamyklose, kurios turi akumuliatorines batarejas dažniausiai vartojama schema su voltus pakeliančia mašina. Batarėja dalinama į dvi dali, prie to batarėjos viduris sujungiamas su nuline šina el. gamyklos. Kiekvienai batarėjos pusei reikalingas akumuliatorių perjungiklis. Įlydina tą batarėjos pusę, kuri įjungta į dalį tinklo su mažesniu apkrovimu.

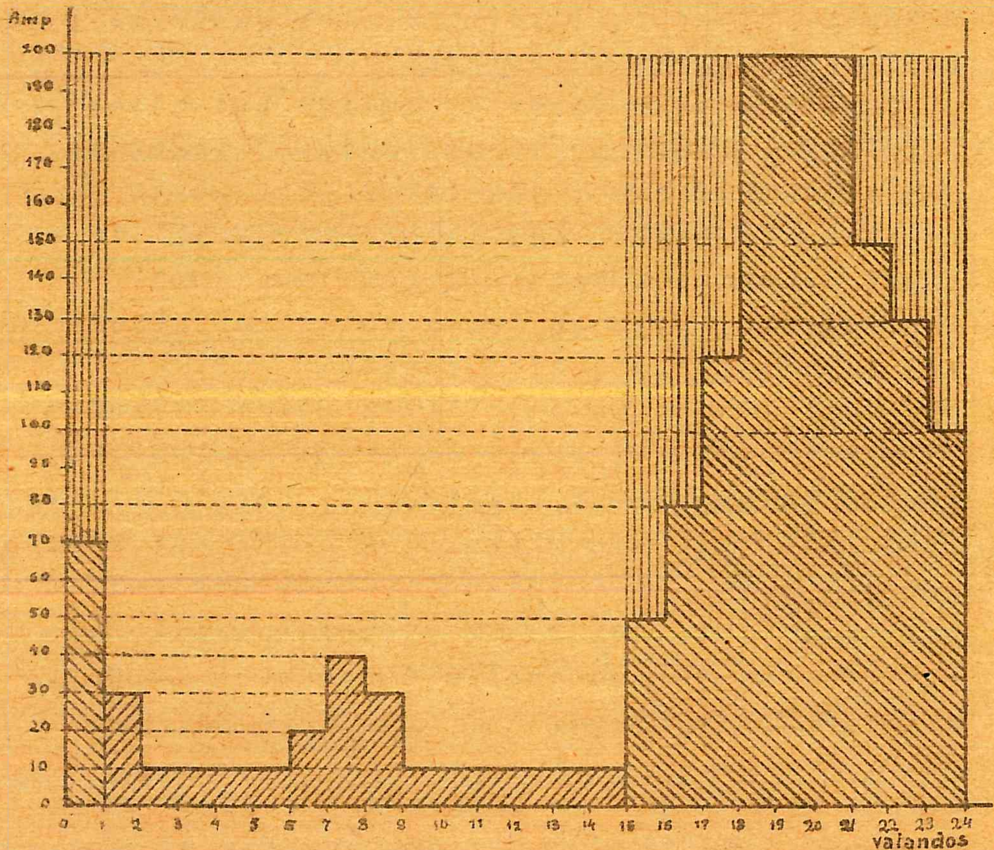
Pažiūrėsime dabar, kaip surasti, kokio didumo reikia statyti batarėją? § 56-me buvo nurodyta, kad el.gamyklos apkrovimas laike paros mainosi. Todel el.gamyklos apkrovimas gali būti išreikštas grafiškai, kaipo laiko funkcija. Jei ant abscisų ašies atidėsime laiką, o ant ordinatų ašies atsakančius apkrovimus, tai gamyklos apkrovimas išsireikš kreiva linija.

Daleiskime, kad, projektuojant elektrogamyklą, sužinota, kad jos apkrovimas mainysis taip, kaip tai nurodyta braižinyje 189. Daleiskime dar, kad nuspręsta paimti tokio galingumo dinamo mašiną, kad ji viena galėtų pakelti maksimalį gamyklos apkrovimą, t.y. 200 amp.

Leidžiant tokią mašiną dieną, kuomet apkrovimas tesiekia vos 10 amperų, ji dirbtų prie labai mažo naudingo darbo koeficiento. Daug geriau būtų nuo 1 iki 15-ai valandai sustabdyti mašiną ir leisti srovę iš akumuliatorinės batarėjos. Talpumą reikalingos batarėjos surandame iš dydžio užštrichuoto ploto tarp 1 ir 15 valandų. Jis lygus 220 Amp.valandų. Priimant kiekybinį batarėjos atidavimą lygų 90%, surandame įlydinantį batarėjos talpumą:

$$\frac{220}{0,9} = 245 \text{ Amp.valand.}$$

Dabar pažiūrėsime, kuomet bus galima bataėją įlydyti? Jei mašina dirbs nuo 15-os va-andos iki 1 valandai nakties, tai dirbdama isa tą laiką prie pilno apkrovimo ji galėtų tleisti į batarėją 770 Amp.valandų, kaip tai



Br. 189 Apkrovimo grafikas.

matoma iš išilgai užštrichuoto ploto. Mums reikalinga batarėjos įlydinimui paimti tiktai 245 Amp.valandos.

Didžiausia išlydinančioji srovė mūsų batarėjos, kaip tai matoma iš grafiko, turi būti 40 Amperų, nes 7-oje valandoje rytą apkrovimas pakyla iki 40 Amp.

Sulig katalogu išrenkame atsakančią batarė-

ją ir daleiskime, kad kataloge surадome artimiausią paeinančią mums batarėją talpumo 250 Amp. valandų prie išlydinančios srovės 40 Amp. ir kad maksimalė išlydinančioji srovė tokiai batarėjai kataloge nurodyta lygiai 70 Amperų. Reiškia, batarėją įlydinant, mes galėsime į ją leisti nedaugiau 70 Amperų.

Pertikrinsime dabar ar galima bus batarėja įlydinti laikotarpyje nuo 15 iki 1 valandai? Braižinys 189 rodo, jog leidžiant į batarėją maksimum 70 Amperų mes laikotarpyje 15, 16 ir 17-os valandos į batarėją galetume duoti 210 Amp.valandų, paskiau trims valandoms praslinkus įlydinimą batarėjos turėtume pertraukti ir pabaigti įlydinimą baigiantis 22-ai valandai. Taip pat pilnai įlydyti batarėją mes galime pradedant nuo 21-os valandos ir baigiant 1 valanda. Iš pasakyto aišku, jog leidžiant mašiną nuo 15-os iki 1-ai valandai, batarėja galima pilnai įlydyti.Batarėjos elementų kiekis apskaičiuojamas naudojantis formulomis nurodytomis pažagrafe 57-me.

TOLIMESNIO KURSO PROGRAMA.

X. Elektroenergijos kanalizacija.

Kanalizacija laidomis ore: Stulpai, izoliatoriai, kriukai ir vielos. Svarbieji normalūs vielų piūviai. Nuogos ir izoliuotos vielos vartojamos kanalizacijai ore. Vielos su gupero bei NGA izoliacija. Gumos apdirbimo būdas vieloms su gupero izoliacija. Vielos su paprasta izoliacija. Kokiose i stoliacijose galima vartoti vielas su paprasta ir kokiose - su gupero izoliacija.

Kanalizacija rūmuose: Instaliacijos ant izoliatorių (rolikų) vielomis ir sniūru; instaliacijos Bergmano, Pešelio bei kitokiuose vamzdžiuose. Instaliacijos šlapiuose rūmuose bei pirtyse. Kaip reikia daryti instaliacijas pirtyse, bei voniose, kad elektros srovė (įterpimas) instaliacijos nebūtų pavojinga žmonių sveikatai (gyvybei).

Kanalizacija kabeliais: Kabeliai pratiesimui ore ant stulpų; požeminiai ir povandeniniai kabeliai. Stipros srovės kanalizacijai kabelių typai - jų konstrukcija ir gaminimo būdas. Telefono ir telegrafo kabeliai.

XI. Elektroenergijos perdarymas ir paskirstymas.

Nuoseklus, lygiagretus ir maišytas elektroenergijos priėmėjų sujungimas. Tiesioginė ir netiesioginė elektroenergijos paskirstymo sistemos.

Įtempimo kritimas. Įtempimo kritimo bei vielų piūvio apskaičiavimas. Formulos:

$$e = \frac{2.l.i}{K.S} \text{ voltų}$$

$$e = \frac{2.l.W}{K.S.\varepsilon} \text{ voltų}$$

$$e = \frac{2(i_1 l_1 + i_2 l_2 + i_3 l_3 + \dots\dots)}{K.S} \text{ voltų}$$

Vielų piūvio sujungto konturo (žiedo) penemo viename taške apskaičiavimas.

$$X_2 = \frac{l_1 i_1 + l_2 i_2 + l_3 i_3 + \dots\dots l_n i_n}{L} \text{ Amperų}$$

$$S = \frac{2[l_1 i_1 + l_2 i_2 + l_3 i_3 + \dots\dots l_k (i_k - i_n)]}{K.e} \text{mm} .$$

Vielų piūvio konturo penemo iš abiejų galų apskaičiavimo būdas.

Suradimui nuošimčių energijos nuostolių vieloje, bei piūvio vielos, jei žinomi nuostoliai joje formulos:

$$S = \frac{200.l.W}{K.P.\varepsilon^2} \text{ mm}^2, \quad P = \frac{200.l.W}{K.S.\varepsilon^2} \%.$$

Tinklai: fiderai ir paskirstomos laidos. Tinklų apskaičiavimo principas.

Apsaugotojai: principai, kuriais reikia vadovautis juos statant. Minimalio ir maksimalio išjungiklių principas.

Vielų apskaičiavimas trilaidinėje sistėmoje.

Vielų apskaičiavimas prie triphazinės sro-

vės:

$$S = \frac{1,73.l.i.\cos\varphi}{K.e} \; mm^2$$

$$S = \frac{l.W}{K.e.\mathcal{E}} \; mm^2$$

$$p = \frac{100.l.W}{K.S.\mathcal{E}^2.\cos^2\varphi} \; \%.$$

Apsaugotojai nuo perdidelių įtempimų, bei perkunsargiai. Aukšto įtempimo įtaisymai prie elektroenergijos perdavimo tolumon.

XII. Š v i e s a .

Šviesa kaipo etero bangos. Saulės šviesos spektras. Pritaikinimas žydų tautos ženklo sužinojimui iš kokių svarbiųjų šešių saulės spektro spalvų galima gauti baltą šviesą. Spalvų filtrai. Baltos šviesos gaminimo būdai. Optinis bei fotometrinis ir fiziologinis šviesos šaltinio veikima . Šviesos jegos vienetai: Violius, Karsel, Anglų spermacetinė žvakė, vokiečių parafininė žvakė ir Hefner Altereko lenputė. Pyras (J)

Sviesos sriautas (Φ). Šviesos sriauto vienetas - lumenas. Apšvietimas (e), Apšvietimo vienetas - liuksas. Šviesos veikimo vienetas - liuks-sekunda. Šviesos kiekio vienetas - liumen-sekunda. Šviesos skaistumas.

Apšvietimas kaipo funkcija atstumo nuo šviesos šaltinio ir krypties, kuria krinta spinduliai ant apšviečiamo paviršiaus. Kokį apšvietimą duoda dienos šviesa. Koks minimalis ap-

švietimas reikalingas, kad galima būtų skaityti? Rolė atspindinčių šviesą paviršių apšvietime tam tikros erdvės, kuri apsiausta tais paviršiais. Formula:

$$\Phi+K\Phi+K^2\Phi+\ldots\ldots = \Phi.\frac{1}{1-K}$$

Anglinės ir metalinės įkaitinimo lempos. Jų konstrukcija ir gaminimo būdai. Lankinių lempų principas. Įvairiose kryptyse lankinių ir įkaitinimo lempų šviesos jėga. Vidutinė sferinė ir pusiau sferinė šviesos jėga. Reflektoriai. Nernsto lempa. Gyvojo sidabro lempa. Mūro šviesa.

Naudingo darbo koeficientas įvairių lempų, arba santykis tarp energijos, kuri lempose persikeičia į šviesos energiją ir energijos, kuri suteikiama lempai. Santykis tarp pridėto ant lempos bornų įtempimo ir šviesos jėgos anglinėse ir metalinėse įkaitinimo lempose.

Apskaičiavimo būdai kiekio ir galingumo šviesos šaltinių projektuojant apšvietimo įstaliacijas. Suradimui kiekio, bei šviesos jėgos šviesos šaltinių formulos.

$$Z = \frac{8.e.S}{\eta.J}; \quad J = \frac{8.e.S}{\eta.Z}$$

Šviesos šaltinių pakabinimo aukštumas rūmuose ir gatvių apšvietimui.

Formula:

$$h = 3,5+\frac{\sqrt{J}}{10}.$$

XIII. Daugphazinės srovės.

Dviphazinė srovė. Srovės jėga vidurinėje laidoje. Triphazinė srovė. Triphazinės srovės gavimo būdas. Sujungimai žvaigzde ir trikampiu. Triphazinės srovės galia. Sukantis magnetinis laukas dviphazinės ir triphazinės srovės. Sukančiojo magnetinio lauko sudarymas vienphazinėje srovėje. Elektromagnetiniai, šiliminiai ir elektrodinaminiai ampermetrai ir voltmetrai kintamojoje srovėje. Induktiviniai aparatai. Elektrostatiški voltmetrai. Wattmetrai kintamojoje srovėje. Įjungimo būdai ampermetrų, voltmetrų ir Wattmetrų triphazinėje srovėje. Skaitikliai, fazometrai ir dažnumo matuotojai.

XIV. Alternatoriai.

Alternatoriai su sukančiuoju inkaru ir alternatoriai, kuriuose sukasi induktoriai. Alternatorio induktoriai ir jų apsukos. Žadintojas. Surenkami žiedai, Statorius (inkaras). Vienphazinių ir daugphazinių alternatorių statorių apsukos. Turboalternatorių induktorių ypatybės. Alternatorio elektrovarančios jėgos dydis. Inkaro reakcija prie beinduktivinio, induktivinio ir talpinio apkrovimų. Apkrauto alternatorio magnetinių laukų diagrama. Įtempimo reguliavimas. Altenatorio charakteristikos. Lygiagretus alternatorių sujungimas. Automatinis sinchronizmo paturėjimas ir alternatorių supimasis. Lygiagrečiai dirbančių alternatorių reguliavimas. Galia ir naudingo darbo koeficientas alternatorio.

XV. Kintamosios srovės elektrovarikliai.

Sinchroninio variklio principas. Paleidimas sinchroninio variklio, jo sukimosi greitumas, ir sukimosi kryptis. Magnetizmo sužadinimo srovės įtekmė į penenčią variklį srovę. Magnetinių laukų sinchroninio variklio diagrama. Triphazinės srovės asinchroniniai varikliai. Trumpai sujungta ir phazinis rotoras. Statorius. Asinchroninio variklio veikimo principas. Rotoro sukimosi greitumas. Slinkimas. Asinchroninio variklio laukų diagrama. Sukantis momentas ir apsisukimų skaičius asinchroninio variklio; jo paleidimas (schemos su leidžiamu reostatu ir reguliuojančiu transformatoriu) ir reguliavimas. Kolektoriniai kintamosios srovės varikliai.

XVI. Transformatoriai.

Paprasčiausias transformatorius, bei transformatorio principas. Vienphazinių ir daugphazinių transformatorių typai. Triphazinio transformatorio apsukų sujungimo būdai. Pridėtas prie bornų transformatorio įtempimas ir priešveikiančioji e.v. jėga transformatorio apsukose. Transformacijos koeficientas. Magnetinių laukų transformatario diagrama. Trumpo sujungimo diagrama. Kappo diagrama. Nuostoliai transformatoriuje. Galingumas ir naudingo darbo koeficientas transformatorio. Nuostolių geležyje įtekmė į metinį naudingo darbo koeficientą transformatorio. Autotransformatorius. Regu-

liuojamas transformatorius. Reaktivinė špulia. Srovės ransformatorius (strommandleris).

XVII. Elektros trauka ir elektroenergijos pritaikinimas kitiems tikslams

Elektros srovės pravedimas nuo generatorio iki varyklio vagono. Bėgių sujungimai. Darbaš kurį privalo atlikti varyklis, kad tam tikru greitumu judėtų vagonas, apskaičiavimas. Elektros srovės pritaikinimas pakeliamoms mašinoms ir metalurgijije. Telefonijos pagrindai. Radiotelefonijos ir radiotelegrafijos pagrindai.

-***-